

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES E  
SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER**

**Manoel Messias Pereira Valido Filho**

**Orientador: Prof. Dr. Sergio Scarano Júnior**

**São Cristóvão - SE**  
**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES E  
SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER**

**Manoel Messias Pereira Valido Filho**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Scarano Júnior.

**São Cristóvão - SE**  
**2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES E  
SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER**

**Manoel Messias Pereira Valido Filho**

**Banca:**

---

Prof. Dr. Sergio Scarano Júnior- Orientador  
Universidade Federal de Sergipe

---

Prof. Dr. Militão Vieira Figueredo  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

---

Prof. Dr. Samuel Rodrigues de Oliveira Neto  
Universidade Federal de Sergipe

## DEDICATÓRIAS

*Ao Pai, ao Espírito Santo, ao Filho e a sua mãe Maria de Nazaré, por todas as providências.*

*A minha mãe, Nadir, por TUDO.*

*A meu grande amor, minha esposa Kátia, e meu filho querido João Lucas.*

*A meus irmãos, por que realmente os são.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço muito especialmente ao melhor orientador do mundo, por, entre tantos e tantos motivos, ter acreditado até o final.*

*Aos novos grandes amigos, Ronilson e Hélio, e ao não tão novo assim, Bergson, pela irmandade que construímos. E a todos os colegas do MNPEF, polo 11, pois só chegamos até aqui por que trabalhamos juntos.*

*A todos os professores do mestrado por me mostrarem, não apenas com seus ensinamentos, mas, sobretudo, com seus exemplos, como ser um professor melhor.*

*À direção do Centro de Excelência Ministro Marco Maciel, sem a compreensão de vocês não teria conseguido, meu muito obrigado.*

*A minha gratidão à Elizangela e a Jorgeval, amigos e colegas de trabalho, pelo companheirismo e ajuda. E a Emerson Amaral, amigo e companheiro nas noites de observação.*

*À minha família todo o meu carinho, pois a confiança em mim depositada e a motivação de todos os dias me fazem ir cada dia mais longe.*

*A Sociedade Brasileira de Física, a CAPES e a Universidade Federal de Sergipe por abraçarem iniciarem e abraçarem o MNPEF,*

*A todos os meus alunos e ex-alunos, pois é por vocês que cheguei aqui.*

## RESUMO

VALIDO FILHO, M. M. P. **MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES E SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER.** 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Sergipe.

Neste trabalho propomos uma sequência didática modular, de caráter interdisciplinar e compatível com o currículo do ensino básico, sobre a medida da velocidade da luz. Inspirados no método de Römer para medir a diferença de tempo entre as ocultações das luas de Júpiter em configurações orbitais distintas com relação à Terra, elaboramos atividades que contemplam: (a) observações das ocultações das luas de Júpiter por meio de telescópios amadores; (b) análise de dados por meio de softwares profissionais da Astronomia; (c) simulações das observações utilizando o software Stellarium e (d) o uso de planilhas tanto para os cálculos quanto para explorar a física envolvida. Os módulos podem ser aplicados de forma independente e têm como produtos, além da sequência didática, tutoriais, vídeo-tutoriais e info-animações em PowerPoint para apoio às aulas teóricas.

Utilizando três aulas complementares à grade tradicional, mas que podem ser facilmente adaptadas à grade de aulas normais, elaboramos duas info-animações em que, empregando a técnica de Instrução pelos Colegas – IpC, Ensino sob Medida - EsM e atividades práticas centradas no aluno, com base nas abordagens da Aprendizagem Significativa, exploramos os conceitos de cinemática (retilínea e circular), sistemas de referência, vetores e epistemologia científica.

Por meio das asserções de um pré-teste e um pós-teste, utilizando questões do ENEM envolvendo os tópicos de Física e Astronomia, pudemos constatar uma evolução considerável no padrão de respostas antes e depois de nossa intervenção para mais de 90% das questões abordadas, com um rendimento significativamente superior à média das respostas apresentadas por todos os alunos de Sergipe participantes do ENEM, com base nos dados publicamente disponíveis pelo INEP. Correções metodológicas com base nos acerto e erros aferidos também são exploradas.

**Palavras-Chave:** ensino de física, ensino de astronomia, luas de júpiter, info-animações, vídeo tutoriais, simulações, aprendizagem significativa, velocidade da luz, IpC, EsM.

## ABSTRACT

In this work we propose an interdisciplinary modular teaching sequence on the measurement of the speed of light which is compatible with the traditional basic education's syllabus. Based on the Römer method to measure the time difference between the occultation of Jupiter's moons in different orbital configurations with respect to the Earth, we developed educational activities that include: (a) observations of Jupiter's moons occultations through amateur telescopes; (b) data analysis using professional Astronomy softwares; (c) simulations using the software Stellarium and (d) the use of spreadsheets for the calculations involved to explore the physics contents. The modules can be applied independently and they are associated to educational products like didactic sequences, tutorials, video tutorials and info-animation in PowerPoint to support the lectures.

We add three extra classes to the usual curriculum, which however can be easily adapted to the usual lecture. For these classes we prepared two info-animations employing the Peer Instruction and Just-in-time teaching methods besides practical activities centered on the students, following the Meaningful Learning approaches. With these resources we explore kinematics concepts (linear and circular movements), systems of reference, vectors and scientific epistemology.

By mean of a pre and post-tests using questions from the High School National Exams (ENEM) involving the topics of Physics and Astronomy proposed in this work, we verified a considerable progress in the pattern of responses before and after our intervention to more than 90% of the addressed questions. Based on publicly available data by the National Institute for Studies and Educational Research (INEP) we identify a significantly higher yield of right answers of our students when compared with the average responses of all students from Sergipe who participated of the National Exams. Methodological corrections to this work based on the problems identified during the application of our products are proposed.

**Keywords:** physics teaching, astronomy, Jupiter's moon, info-animations, vide tutorials, simulations, speed-of-light, Peer Instruction, Just-in-Time Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Fachada do CEMMM .....	9
Figura 3.2: Localização geográfica .....	9
Figura 3.3: Alunos participantes da atividade .....	10
Figura 3.4: Sol e Júpiter em oposição em relação a Terra. ....	11
Figura 3.5: Sol e Júpiter em conjunção em relação a Terra. ....	12
Figura 3.6: Observações com o telescópio da UFS.....	13
Figura 3.7: Primeiro slide das info-animações. ....	18
Figura 3.8: Slide dois da info-animação “Vou contar uma história”. ....	19
Figura 3.9: Slide três da info-animação “Vou contar uma história”. ....	19
Figura 3.10: Slide quatro da info-animação “Vou contar uma história”.....	21
Figura 3.11: Slide cinco da info-animação “Vou contar uma história”.....	21
Figura 3.12: Slide seis da info-animação “Vou contar uma história”.....	23
Figura 3.13: Slide sete da info-animação “Vou contar uma história”. ....	24
Figura 3.14: Slide oito da info-animação “Vou contar uma história”. ....	24
Figura 3.15: Slide nove da info-animação “Vou contar uma história”. ....	26
Figura 3.16: Slide dez da info-animação “Vou contar uma história”. ....	27
Figura 3.17: Slide onze da info-animação “Vou contar uma história”. ....	28
Figura 3.18: Slide doze da info-animação “Vou contar uma história”. ....	29
Figura 3.19: Plaquinhas confeccionadas para uso no IpC.....	30
Figura 3.20: Diagrama do processo de implementação do método IpC.....	30
Figura 3.21: Slide treze da info-animação “Vou contar uma história”. ....	31
Figura 3.22: Alunos respondendo as questões pelo método IpC. ....	31
Figura 3.23: Slide quatorze da info-animação “Vou contar uma história”. ....	32
Figura 3.24: Slide quinze da info-animação “Vou contar uma história”. ....	33
Figura 3.25: Slide dezesseis da info-animação “Vou contar uma história”. ....	35
Figura 3.26: Slide dezoito da info-animação “Vou contar uma história”. ....	36
Figura 3.27: Slide dezenove da info-animação “Vou contar uma história”. ....	37
Figura 3.28: Slide vinte da info-animação “Vou contar uma história”. ....	38
Figura 3.29: Slide vinte e um da info-animação “Vou contar uma história”. ....	40
Figura 3.30: Slide vinte e dois da info-animação “Vou contar uma história”.....	41
Figura 3.31: Segundo slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	42
Figura 3.32: Terceiro slide da info-animação “Luz no fim do túnel”. ....	43
Figura 3.33: Quarto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”. ....	44
Figura 3.34: Quinto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	45
Figura 3.35: Sexto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”. ....	46
Figura 3.36: Slide sete da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	46
Figura 3.37: Slide nove da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	47
Figura 3.38: Slide dez da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	48
Figura 3.39: Slideonze da info-animação “Luz no fim do túnel”.....	49



Figura 3.40: Tela principal do SAOImage DS9 .....	49
Figura 3.41: Slide doze da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	50
Figura 3.42: Slide quatorze da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	51
Figura 3.43: Slide quinze da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	52
Figura 3.44: Slide dezesseis da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	52
Figura 3.45: Slide dezessete da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	53
Figura 3.46: Slide dezoito da info-animação “Luz no fim do túnel” .....	54
Figura 3.47: Planilha Eletrônica “Preveno o futuro” .....	55
Figura 3.48: Imagem ampliada de uma região da observação de Júpiter .....	55
Figura 3.49: Planilha Eletrônica “E a luz?” .....	57
Figura 3.50: Tela principal do software Stellarium .....	59
Figura 12.1: Imagens Astronômicas .....	100

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Comparativo – Questões de Ciências Humanas.....	62
Gráfico 4.2: Comparativo – Questões de Matemática .....	64
Gráfico 4.3: Comparativo – Questões de Ciências da Natureza .....	66
Gráfico 4.4: Comparativo – ENEM X Pré-teste X Pós-teste .....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 : Questões de Ciências Humanas.....	61
Tabela 4.2 : Questões de Matemática .....	63
Tabela 4.3 : Questões de Ciências da Natureza .....	66

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
3. METODOLOGIA .....	8
3.1. Caracterização do Espaço de Ação .....	8
3.2. Método de Ole Chistensen Römer: .....	10
3.3. Sobre os Materiais Desenvolvidos .....	12
3.3.1. Imagens Astronômicas .....	12
3.3.2. Planilhas Eletrônicas.....	13
3.3.3. Vídeos Tutoriais.....	14
3.3.4. Info-animações em PowerPoint .....	14
3.3.5. Sequência Didática .....	16
3.4. Aplicação do Material .....	17
3.4.1. Primeiro Encontro .....	17
3.4.2. Segundo Encontro .....	41
4. ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO .....	60
4.1. Comparativo pré-teste X pós-teste.....	60
4.1.1. Área de Ciências Humanas e suas Tecnologias .....	61
4.1.2. Área de Matemática e suas Tecnologias.....	62
4.1.3. Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias .....	65
4.2. Comparativo ENEM X pré-teste X pós-teste .....	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
7. APÊNDICE A – Pré/Pós-teste .....	75
8. APÊNDICE B – Texto de Apoio.....	87
9. APÊNDICE C – Questionário de Apoio .....	89
10. APÊNDICE D – Gabarito Comentado – Questões de Apoio .....	93
11. APÊNDICE E – Gabarito Comentado – Pré/Pós-teste .....	95
12. APÊNDICE F – Imagens Astronômicas .....	100
13. APÊNDICE G – Sequência Didática .....	102

## 1. INTRODUÇÃO

O gosto pelo conhecimento é parte integrante do conjunto de habilidades e competências que devem ser exploradas nos conteúdos programáticos desenvolvidos em qualquer disciplina. Em Física, este processo pode se valer de uma parceria com a Astronomia, devido à interdisciplinaridade e transversalidade entre os conteúdos dessas disciplinas, embasando assim as ações do professor na relação ensino/aprendizagem.

A Astronomia é considerada uma das primeiras ciências a despertar o interesse do homem, e ainda hoje o mesmo efeito de fascínio inspirado por ela suscitam importantes questões nas pessoas das mais diferentes idades. No ensino médio, as competências básicas desta ciência são relativas ao eixo temático “Terra e Universo”. Apesar disso, são pouco trabalhadas com a maioria dos alunos que concluem este nível de ensino sem conhecimento de vários temas na área de Astronomia, recomendados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (DIAS et al., 2008).

Conforme Dias e Col (2008) a disciplina Astronomia ao ser implementada no ensino médio deveria ser ministrada, inicialmente, por professores da área de ciências exatas com especialização ou extensão em ensino de Astronomia, e possivelmente, caso desejassem, pelos graduados em Astronomia com curso de formação pedagógica.

Aliar o ensino ao interesse de aprender promove um eixo de conexão entre professor e aluno, o que é, de uma forma geral, um modo de unir o interesse pelo aprendizado ao conteúdo a ser aprendido.

A disciplina de Física é de grande importância em dois aspectos relativos à dinâmica em que se insere: a primeira relativa à própria natureza, cujos métodos busca quantificar e a segunda envolve como essa ciência se insere na sociedade, sendo agente de interações e de transformações no mundo em que vivemos.

Assim, além do profissional que ensina Física necessitar de formação superior e seus conteúdos, e se sujeitar por processos de formação continuada para incrementar suas ações, há um universo de variáveis não quantitativas a serem exploradas no ensino e que igualmente podem ser aprendidas.

A capacidade empática de se inserir nos problemas vividos por outros e assumi-los como seus não constitui apenas uma habilidade humana importante, mas pode constituir uma ferramenta didática poderosa na dinâmica do ensino/aprendizagem. Desse ponto de vista, a reconstituição histórica dos conflitos encarados por diferentes cientistas, relativo aos mais diferentes objetos de estudos, guardam enorme potencial de envolvimento do aluno às questões valorizadas em sua formação.

A UNESCO decretou 2015 o ano internacional da luz e suas aplicações<sup>1</sup>, o que tem como foco principal destacar para a população a importância da luz e das tecnologias ópticas em sua vida e no progresso da sociedade.

No ensino da Física a velocidade da luz é abordada, mas em raros momentos são exploradas atividades que demonstram um importante aspecto de sua natureza: sua velocidade constante e finita em um dado meio. Na História constam diversos relatos discutindo essa natureza, mas foi a partir das observações de Ole Christensen Römer (1644-1710) que se estabeleceu uma primeira medida da velocidade da luz associada a um evento astronômico facilmente mensurável: a medida do tempo entre as ocultações das luas de Júpiter.

Inspirados no método de Römer de medir a diferença de tempo entre as ocultações sucessivas das luas de Júpiter, elaboramos uma sequência didática sobre a medida da velocidade da luz, valorizando aspectos históricos e aproveitando a empolgação comumente gerada pela Astronomia. Para ela elaboramos módulos independentes de ensino, de caráter interdisciplinar e compatíveis com o currículo do ensino básico de Física, envolvendo os temas de movimento uniforme, movimento circular, sistemas de referências, vetores e epistemologia científica. Diversos temas transversais na Matemática, como geometria analítica e geometria plana, também foram explorados. Como produto educacional, além da sequência didática, disponibilizamos um conjunto de observações de Júpiter no momento de ocultação de um de seus satélites; vídeo tutoriais ensinando o uso de simulações astronômicas por meio do software Stellarium, para simular as observações; duas planilhas e os respectivos vídeos tutoriais para o desenvolvimento dos cálculos envolvidos na estimativa da velocidade da luz.

Baseados em uma proposta investigativa, exploramos o desenvolvimento do senso crítico dos alunos ao serem expostos a situações aparentemente conflitantes das observações de Römer, simulando seus resultados por meio de observações reais e por meio de computadores. A partir das situações problema e fundados em uma proposta sócio-interacionista, discutimos as soluções das situações problema de acordo com os recursos apresentados e trazidos pela experiência pessoal dos alunos.

Assim, após essa introdução, no capítulo 1, nos concentramos no capítulo 2 na apresentação do referencial teórico que embasa nossa abordagem, no capítulo 3 detalhamos os produtos educacionais e descrevemos sua aplicação. Dedicamos o capítulo 4 a análise e discussão dos dados e, por fim, no capítulo 5 tecemos nossas considerações finais.

---

<sup>1</sup> < [http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=627:o-ano-internacional-da-luz-sbf-ativa-e-participante&catid=152:acontece-na-sbf&Itemid=270) > acesso em 24 de junho de 2016.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Ministério da Educação (MEC) consolidou uma visão mais ampla para o ensino de ciências. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) – Ensino Médio, na parte destinada às Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias relata-se que a aprendizagem

*[...] deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios de interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão de mundo natural e social. Deve propiciar a construção de compreensão dinâmica de nossa vivência material, de convívio harmônico com o mundo da informação, de entendimento histórico da vida social e produtiva, de percepção evolutiva da vida, do planeta e do cosmos, enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico. (BRASIL, 2002, p.208).*

Portanto, mais importante que o indivíduo possuir grande diversidade de conteúdos científicos, é saber fazer uso deles na resolução de problemas e no seu cotidiano, buscando uma melhoria de vida.

Para Moreira (2010), um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Ainda segundo o autor:

*A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés da "centralização" em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica. Educação para a diversidade é uma das narrativas defendidas por Neil Postman em um de seus livros mais recentes -- The end of education: redefining the value of school (1996) -- para dar um fim à educação na escola. Aqui estou defendendo a diversidade de materiais instrucionais em substituição ao livro de texto, tão estimulador da aprendizagem mecânica, tão transmissor de verdades, certezas, entidades isoladas (em capítulos!), tão "seguro" para professores e alunos. Não se trata, propriamente, de banir da*

*escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos. Seguramente, há bons livros didáticos em qualquer disciplina, mas adotar um único como livro de texto, vai contra a facilitação da aprendizagem significativa crítica. É uma prática docente deformadora, ao invés de formadora, tanto para alunos como para professores. (MOREIRA, 2010, pag. 10).*

Diversos autores suportam por diferentes perspectivas a mesma ideia. Freire (1979, p. 72) afirma que “alfabetização é mais do que o simples domínio mecânico de técnicas para escrever e ler. [...] É entender o que se lê e escrever o que se entende”. Assim, embasado em Freire, pode-se entender que alfabetização é uma atitude de criação e recriação, em que o próprio esforço do indivíduo possibilita o progresso para reflexões mais elaboradas, tornando-o mais ativo na sociedade.

Para Delizoicov et al. (2009, p. 32), a apropriação do conhecimento não ocorre apenas pela mera transmissão mecânica das informações, como: “regras e receituários, valorização excessiva pela repetição de definições, experiências cujo único objetivo é a verificação da teoria...”. Mas, segundo os autores, deveria existir uma apropriação crítica de modo que incorpore no universo das representações sociais e entendimento dos fenômenos naturais.

Segundo Gaspar & Hamburger (2004), é mais importante ao homem de hoje a aquisição de noções básicas de ciências, o que se denomina de alfabetização em ciência, do que a aquisição de conceitos científicos de forma mecânica, rigorosa e aprofundada.

Freire (1996) menciona a importância do professor para discutir com os alunos a realidade concreta a que se deve associar a disciplina cujo conteúdo se ensina; questiona também o porquê não se estabelecer uma “intimidade” entre os saberes curriculares fundamentais aos alunos e a experiência social que eles têm como indivíduos.

Gil-Pérez e Carvalho (2009, p.43) relata que o professor deve “considerar as ideias, visões de mundo, destrezas e atitudes que os alunos possam já possuir, de forma a integrá-las com seus interesses (e gerar novos outros), tendo presentes os pré-requisitos para o estudo a realizar”.

Por isso a importância de proporcionar aos alunos, ainda na educação básica, o contato com conteúdos científicos. Os professores devem proporcionar aos alunos a “percepção dos fenômenos e ensinar a falar cientificamente, incentivando seus estudantes. Independentemente da profissão que vão seguir, todos atuarão na sociedade em que vive como cidadãos”; desenvolvendo assim um comportamento crítico diante da ciência e tecnologia (Vianna, 2009, p. 136 e 137).

No entanto é fundamental que o aluno tenha interesse por esses conteúdos. Segundo Charlot (2005), o sujeito é indissociavelmente humano, social e singular. O sujeito está vinculado a uma história, na qual é, ao mesmo tempo, portador de desejo.

O sujeito interpreta o mundo, dá sentido ao mundo, aos outros e a si mesmo. É o sujeito que aprende, mas ele só pode aprender pela mediação do outro e participando de uma atividade.

Segundo Bachelard (1991), o espírito científico só pode formar-se rompendo com o objeto imediato, rejeitando a sedução da primeira escolha, contradizendo os pensamentos que nascem da primeira observação. Mas essa negação não é uma atitude de recusa, mas sim de conciliação; não é um negativismo, ao contrário é um construtivismo. O que sabemos é fruto da desilusão com o que julgávamos saber. O erro é normal na epistemologia bachelardiana, com ele aprendemos. Criticando o conhecimento anterior, dizendo não a ele, mas ao mesmo tempo aceitando-o, avançamos, crescemos.

Para Moreira (2009, p.19), o professor deve ser um mediador no ensino e deve ser centrado no aluno, assim “o aluno fala mais e o professor fala menos”. Isso proporciona uma maior discussão e negociação entre os envolvidos. “Apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo e não passivo”. Ele aprende a interpretar, a negociar significados, a ser crítico e a aceitar a crítica. Quando o aluno simplesmente aceita a narrativa do “bom professor” não leva a uma aprendizagem significativa crítica, a uma aprendizagem relevante, de longa duração; não leva ao aprender a aprender.

Ainda segundo o autor, esse modelo permite uma mudança conceitual quando “existe insatisfação com a concepção que o sujeito tem e quando ele ou ela se encontra com uma nova concepção (aceita no contexto da matéria de ensino) que entende e que lhe parece plausível e frutífera”. Essas condições estão de acordo com as ideias de Thomas Kuhn sobre mudanças de paradigmas na ciência. “Em épocas de ciência normal, os cientistas trabalham dentro de um paradigma. Quando há muita insatisfação com esse paradigma e aparece outro inteligível, plausível e frutífero há condições para uma mudança de paradigma, a qual é seguida por novo período de ciência normal”. (MOREIRA, 2009, P.50 e 51).

Para Moreira (2009, p. 56 e 57), o importante é aprender a aprender e não a aprender certos conteúdos, mas sim a “auto-realização”. O professor contribui para uma interação positiva em um evento educativo quando acompanhado de experiências afetivas positivas na aprendizagem. “Quanto mais o sujeito aprende de maneira significativa mais se predispõe a aprender”.

Segundo Moreira e Massoni (2009, p. 4), “é necessário que os professores tornem claras para si mesmo suas imagens da natureza da ciência, pois eles desempenham papel importante como mediadores da cultura científica e precisam comunicar tais ideias em suas aulas”. Ainda segundo os autores:

*A ciência não está preocupada em “obter fatos” ou “descobrir verdades” mas sim em formular teorias e modelos cada vez mais eficazes para explicar os fenômenos naturais e*

*da vida. Para tanto, a ciência formula hipóteses, extrapolando os dados disponíveis e propondo princípios gerais. Uma das características que diferencia ciência de outras formas de conhecimento é que os resultados da ciência são reproduzíveis por outros cientistas, utilizando as mesmas técnicas, e seus objetos de estudo pertencem ao mundo natural (MOREIRA e MASSONI, 2009. P.55).*

Além disso, as teorias epistemológicas mais recentes passaram a destacar também os fatores sociais, políticos, econômicos, culturais e históricos como fatores que realmente interferem no processo de mudança conceitual e no avanço da ciência (MOREIRA E MASSONI, 2009).

Segundo Carvalho (2005, p. 25), a história da Física é pouco abordada no ensino da Física. Os livros somente contemplam o formalismo matemático, ou, às vezes, “destacam uma pequena biografia de algum cientista (nascimento e morte) ou um pequeno histórico (fatos em ordem cronológica), mas a construção do conceito, o trabalho dos cientistas, as ideias preexistentes e o próprio modo de fazer ciência são ignorados”. Isso remete nos alunos a ideia que as teorias surgem definitivas, como num “passe de mágica, da cabeça de alguns privilegiados”.

Ainda segundo a autora, “é necessário inserir no ensino da Física a História da Ciência que pode ser abordada em dois aspectos, um internalista e outro externalista”. No primeiro caso aborda o desenvolvimento epistemológico da ciência e, no segundo, são incluídos aspectos sociais que permeiam a construção científica (CARVALHO, 2005, p. 25).

Para Carvalho (1989, p. 10), “O desenvolvimento histórico nos faz compreender os raciocínios elaborados em cada etapa do processo de desenvolvimento de um conceito e as dificuldades encontradas pelos cientistas que, às vezes, levaram anos e anos para superá-las”.

Para Araújo e Mazur (2013, p. 364) o professor tem como tarefa propiciar aos alunos condições para que possam se engajar no processo de aprendizagem e orientá-los de modo a alcançar uma aprendizagem significativa da matéria em estudo.

Esses autores construíram dois métodos, o Instrução pelos Colegas (IpC) e o Ensino sob Medida (EsM).

*O método vem sendo amplamente aplicado em diversas escolas e universidades em todo o mundo. De modo geral, o IpC busca promover a aprendizagem com foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor (ARAUJO e MAZUR, 2013, p. 364).*



Uma vantagem desse método é que vem apresentando uma excelente opção para levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos na elaboração de aulas que mostram dificuldades específicas da turma para a qual se destina. Além disso, esse método tem se mostrado efetivo para formar o hábito de estudo antes das aulas, por parte dos alunos.

O objetivo do EsM está:

*[...] na criação de condições para que o professor possa preparar suas aulas a partir das dificuldades manifestadas pelos próprios alunos. Essas dificuldades são mapeadas em uma etapa preparatória, preliminar à aula, na qual eles são convidados a estudar os materiais fornecidos pelo professor e a fornecer respostas que permitam avaliar o grau de compreensão alcançado sobre os conteúdos (ARAUJO e MAZUR, 2013, p. 365).*

Métodos como esses citados anteriormente auxiliam o professor a estabelecer processos de ensino-aprendizagem mais frutíferos. Seus potenciais estão em levar em consideração “o conhecimento prévio do aluno, favorecer interações sociais voltadas para a construção do conhecimento e estabelecer as bases para o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, começando pela criação de hábitos de estudos por parte dos alunos” (ARAUJO e MAZUR, 2013, p. 380).

Com isso pode-se concluir que o aluno é o principal agente no processo de ensino e aprendizagem. O modelo tradicional não proporciona uma aprendizagem significativa, como afirma Araujo e Mazur (2013, p.381) “não somos contrários à exposição dialogada em sala de aula como recurso didático, mas sim ao seu uso demasiado”.

O presente estudo busca proporcionar aos professores e estudantes um método de ensino baseado numa aprendizagem significativa.

### **3. METODOLOGIA**

Nosso propósito foi o de desenvolver produtos que combinassem a articulação de conhecimentos astronômicos com conteúdos específicos de Física em que detectamos dificuldades recorrentes entre os alunos. Filtramos esses conteúdos a partir de uma série de questões básicas do ENEM com altas porcentagens de erro. Essas questões versavam sobre cinemática básica, sistemas de referência, movimento circular e até mesmo questões genéricas sobre astronomia.

Propomos então a construção de uma sequência didática, baseada em info-animações, discutindo um procedimento para medida da velocidade da luz usando observações astronômicas das ocultações das luas de Júpiter. Para tanto aproveitamos o efeito verificado por Ole Rømer do retardo e do adiantamento das ocultações sucessivas das luas de Júpiter em razão do aumento ou da diminuição da distância de Júpiter com relação a Terra, ambos em suas respectivas órbitas. Para facilitar o procedimento e o material desenvolvido nos concentramos apenas em dois momentos orbitais: oposição e conjunção. As observações foram exploradas por meio do software DS9, para o qual decidimos elaborar um material complementar voltado tanto para o aluno quanto para o professor baseado em vídeos tutoriais. Em razão do número de pequenos cálculos recorrentes, que aumentam consideravelmente o tempo de execução da atividade, elaboramos planilhas eletrônicas para automatizar as contas de conteúdos explorados em nossa sequência. Como material suplementar, mas que também pode ser utilizado de forma completamente independente, elaboramos estratégias de ensino utilizando simulações eletrônicas por meio do software Stellarium. Cada etapa técnica de aplicação do DS9 para analisar as observações astronômicas, para utilizar as planilhas eletrônicas, as info-animações e as simulações observacionais elaboramos vídeo tutoriais que foram utilizados por nossos alunos, mas que igualmente podem ser utilizados pelos professores interessados em aplicar o mesmo material.

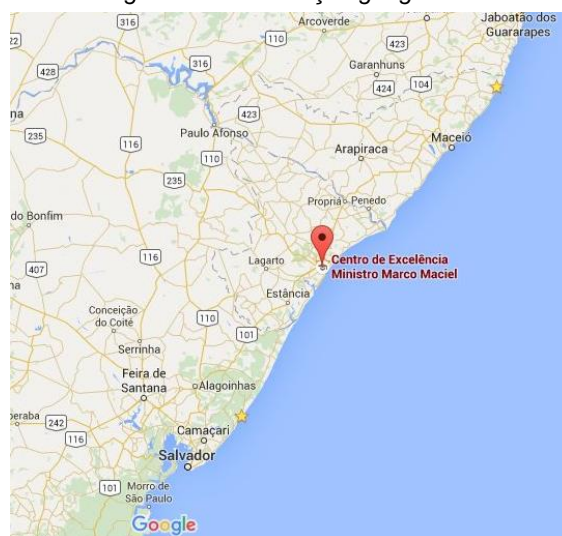
#### **3.1. Caracterização do Espaço de Ação**

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Aracaju - SE, no Centro de Excelência Ministro Marco Maciel – CEMMM (Figura 3.1), local onde o autor desta dissertação é docente. O município de Aracaju, capital do estado de Sergipe, está localizado na região leste do estado e sua população estimada, segundo o IBGE, no ano de 2015 é de 632.744 habitantes.

Figura 3.1: Fachada do CEMMM



Figura 3.2: Localização geográfica<sup>2</sup>



O CEMMM possui 419 alunos regularmente matriculados, distribuídos em 13 turmas sendo 11 delas com alunos no nível médio. A escola conta com sala de informática com quinze computadores conectados a internet, projetores, laboratórios, biblioteca, auditório, duas salas de multimídias, sala de dança, oficina de artesanato, quadra poliesportivas, sala de matemática e refeitório, pois os alunos permanecem no colégio em turno integral.

Por conta de uma greve de professores e servidores da rede pública de ensino ocorrida no segundo semestre do ano de 2015 o calendário do colégio foi ajustado para se ter sábados letivos com o intuito de reduzir o tempo necessário para o encerramento do respectivo ano letivo. Na grade curricular do colégio existe a disciplina de informática, impossibilitando o uso da sala de computadores durante os dias com aulas regulares, tanto no período da manhã quanto no período da tarde. Aos sábados, por conta da greve, passou-se a ter aulas regulares nos impedindo de poder aplicar o produto antes do encerramento do ano letivo, pois necessitaríamos de fazer uso dos computadores da sala de informática.

<sup>2</sup> < <https://www.google.com.br/maps/> > acesso em 24 de junho de 2016.

Restou-nos aguardar o encerramento das aulas para solicitar aos alunos o favor de comparecer ao colégio, no período de férias, para podermos aplicar o produto educacional que desenvolvemos. Como, com o fim do ano letivo, os alunos das terceiras séries haviam concluído o ensino médio, resolvemos convidar uma turma de segunda série que iria iniciar o novo ano letivo na terceira série do ensino médio para podermos aplicar-lhes o produto.

A turma escolhida foi o segundo ano B por possuir, em média, uma faixa etária maior, se comparado com as outras quatro turmas de segundo ano. Adotamos esse critério por acharmos ser mais provável que os pais os permitiriam vir à escola nas férias. A turma possui 25 alunos regularmente matriculados e frequentes. A limitação do número de computadores disponíveis nos impediu de chamarmos mais alunos. No dia marcado para o início da atividade (primeiro encontro) 18 alunos se fizeram presentes (Figura 3.3). Já no segundo encontro apenas 12 alunos compareceram.

*Figura 3.3: Alunos participantes da atividade*



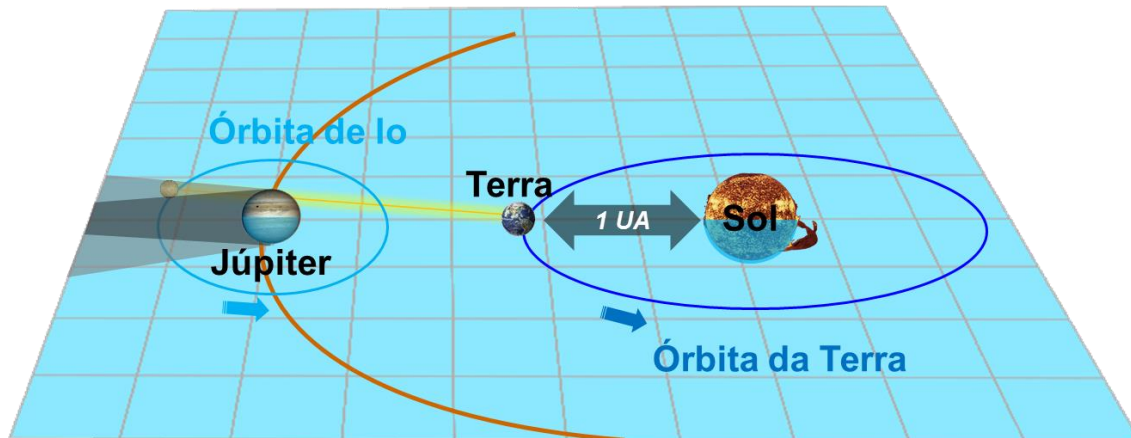
### **3.2. Método de Ole Chistensen Römer:**

O primeiro cientista a realizar a medição da velocidade da luz e obter valores significativos foi o dinamarquês Ole Chistensen Römer (1644-1710), a partir dos eclipses de Io, uma das luas de Júpiter. Ao fazer observações sucessivas das ocultações de Io no cone de sombra de Júpiter, com o intuito de medir o período de revolução deste, vários cientistas da época perceberam que, ao medir o intervalo de tempo entre o instante exato em que perdiam Io de vista por trás de Júpiter e o instante posterior em que o perdiam de vista novamente, havia uma variação nas medidas dos intervalos de tempo dessas ocultações. Foram essas variações inesperadas que conduziram Römer à medição da velocidade da luz ao deduzir, corretamente, que elas ocorriam por que a luz percorria distâncias diferentes à medida que as configurações planetárias mudavam.

Para exemplificar como Römer mediu efetivamente a velocidade da luz suponhamos apenas ilustrativamente que o período de Io seja de 2 dias e o de translação da Terra 200 dias. Assumamos que Io ocultou-se exatamente às 03h05min da madrugada do dia 23 de maio de 1976, estando a uma distância de 1 UA (fictício) da Terra, com Júpiter em oposição<sup>3</sup> (Figura 3.4). Oitenta dias depois (após 40 revoluções de Io ao redor de Júpiter), com Júpiter próximo a conjunção<sup>4</sup> (Figura 3.5) e a Terra a uma distância de 3 UA (fictício) em relação a Júpiter, deveríamos observar outro eclipse de Io no mesmo horário (03h05min), no entanto a ocultação ocorreu exatamente às 03h19min. Römer atribuiu, corretamente, a esse minuto adicional à necessidade da luz refletida por Io ter de percorrer 2 UA a mais em relação à configuração inicial. Dividindo-se a diferença de distância percorrida pela luz quando em oposição e conjunção ( $3 \text{ UA} - 1 \text{ UA} = 2 \text{ UA}$ ) e o intervalo de tempo existente entre os instantes previsto e o efetivo da segunda ocultação ( $03\text{h}19\text{min} - 03\text{h}05\text{min}$ ) Römer calculou a velocidade da luz.

Römer utilizou em seus cálculos o valor médio de 42 horas, 28 minutos e 34 segundos para o período de Io<sup>5</sup>, e atribuiu, sem muita precisão, o valor de 305.000.000 km ao diâmetro da órbita terrestre obtendo, a partir desses dados e de dados observacionais, o valor de 350 mil km/s para a velocidade da luz (CARVALHO, 2005).

Figura 3.4: Sol e Júpiter em oposição em relação a Terra.

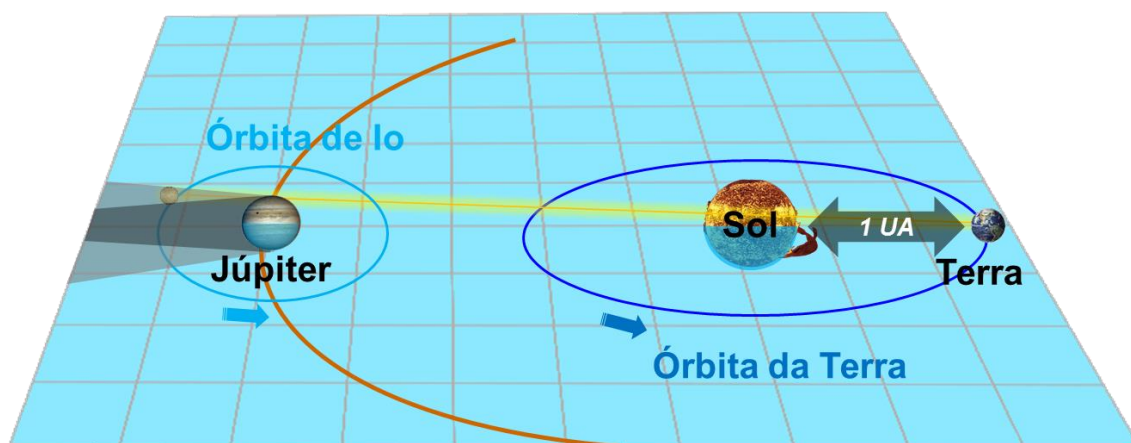


<sup>3</sup> < [https://pt.wikipedia.org/wiki/Oposi%C3%A7%C3%A3o\\_\(astronomia\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Oposi%C3%A7%C3%A3o_(astronomia)) > acesso em 18 de julho de 2016.

<sup>4</sup> < [https://pt.wikipedia.org/wiki/Conjun%C3%A7%C3%A3o\\_\(astronomia\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Conjun%C3%A7%C3%A3o_(astronomia)) > acesso em 18 de julho de 2016.

<sup>5</sup> < <http://drnissani.net/mnissani/a&s/light.htm> > acesso em 18 de julho de 2016.

Figura 3.5: Sol e Júpiter em conjunção em relação a Terra.



### 3.3. Sobre os Materiais Desenvolvidos

#### 3.3.1. Imagens Astronômicas

Originalmente planejamos promover observações astronômicas para a aquisição das imagens pelos próprios alunos, pondo-os em contato com técnicas de astrofotografia (BARRETO e ALMEIDA, 2009). No entanto diversas restrições afetaram esse propósito, como o tempo demandado na atividade, disponibilidade do telescópio, incertezas nas condições climáticas, restrições dos familiares dos alunos para liberarem os filhos para virem à escola durante a noite. Sendo assim, incluímos entre os produtos desse trabalho um conjunto de observações adequadamente processado para a execução da atividade. O material consiste de 8 imagens de Júpiter (Apêndice F) geradas a partir de filmagens feitas com uma câmara ASI120MC acoplada ao telescópio de 8 polegadas (Figura 3.6), Cassegrain-Maksutov, com montagem equatorial (EQ5) do Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe (DFI-UFS). As imagens foram obtidas, utilizando um programa de captura de imagens denominado SharpCap<sup>6</sup> que permite um maior controle dos parâmetros aquisição de imagens com propósitos astronômicos. As observações foram feitas nos momentos anteriores da ocultação da lua de Júpiter conhecida como Io, na noite de 07 de abril de 2014, próximo do momento em que Júpiter se encontrava em conjunção com o Sol (observações logo após ao por do Sol). Por conta de problemas climáticos não conseguimos gerar imagem astronômica do instante exato da ocultação de Io.

Cada um dos arquivos consiste da combinação de 500 imagens tomadas em sequência e pós-processadas, usando técnicas de super-resolução (ZIBETTI, 2007), com os programas: 1) Castrator<sup>7</sup> – usado para excluir a área sem informação relevante

<sup>6</sup> Download em < <http://www.sharpcap.co.uk/sharpcap/downloads> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>7</sup> Download em < <http://www.astrokrai.nl/castrator.php> > acesso em 6 de maio de 2016.



da filmagem, reduzindo o tempo de processamento em relação ao próximo programa utilizado; 2) AutoSttakert<sup>8</sup> - utilizado para gerar uma lista, em ordem crescente de qualidade de informação, das 500 imagens da filmagem e combinando as melhores para gerar uma única imagem, melhor que cada uma das anteriores. Ressaltamos que os programas não promovem nenhuma alteração das informações captadas pelo telescópio, mas realizam uma análise estatística removendo, por exemplo, possíveis manchas nas lentes, pixels mortos no detector e reduzindo efeitos de distorções atmosféricas.

*Figura 3.6: Observações com o telescópio da UFS*



### 3.3.2. Planilhas Eletrônicas

Para contornar o problema de não termos conseguido observar o momento exato da ocultação devido a passagem de uma nuvem, elaboramos uma planilha eletrônica que utiliza dados extraídos das imagens astronômicas que antecedem o momento da ocultação de Io pelo cone de sombra de Júpiter, para prever o instante desta ocultação. Nomeamos essa planilha de “Prevendo o futuro”.

Como fruto da ideia de criarmos uma sequência didática modular é que nasce a segunda planilha eletrônica. Com ela é possível prever outro momento de ocultação, a partir de dados da primeira ocultação e do número de revoluções que desejamos para Io. Para facilitar os cálculos utilizamos o dia juliano como medida do tempo. Ressaltamos que, por força das equações que utilizamos na planilha, necessariamente, uma das ocultações deve ocorrer quando Júpiter e o Sol se encontrarem em oposição e a outra quando se encontrarem em Conjunção.

<sup>8</sup> Download em < <http://www.autostakkert.com/wp/download/> > acesso em 6 de maio de 2016

Denominamos essa planilha de “E a luz?”, pois ao final é com ela que calculamos a velocidade da luz usando o método de Römer, objetivo principal dessa atividade.

Em ambas as planilhas os cálculos mais elaborados, como o que transforma uma data qualquer em data juliana, encontram-se em células ocultas. Por isso recomendamos cuidado ao apagar células da mesma. Optamos por fazer com que os cálculos necessários sejam realizados automaticamente nas duas planilhas para diminuir o tempo total de execução da tarefa de medir a velocidade da luz. As planilhas podem ser abertas em programas como o Excel e o Calc nas diferentes plataformas em que estes são suportados (Windows, Linux e MacOS).

### 3.3.3. Vídeos Tutoriais

Para auxiliar os professores na correta aplicação dos produtos educacionais desenvolvemos três vídeo tutoriais. O “Vídeo Tutorial 1”<sup>9</sup> orienta como utilizar o programa de Astronomia Profissional SAOImage DS9<sup>10</sup> para retirar das oito imagens astronômicas os dados necessários à planilha “Prevendo o futuro”. Já o “Vídeo Tutorial 2”<sup>11</sup> serve para guiar os professores sobre como utilizar o programa Stellarium<sup>12</sup>, juntamente com a planilha “E a luz?”, para simular ocultações. O “Vídeo Tutorial 3”<sup>13</sup> instrui os professores acerca das estratégias que idealizamos para o uso das info-animações em PowerPoint intituladas “Vou contar uma história” e “Luz no fim do túnel”. Para gravar os vídeos utilizamos o programa Camtasia Studio<sup>14</sup> adquirido com verba governamental direcionada ao grupo de Astronomia, via INCTA (*Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Astrofísica*).

### 3.3.4. Info-animações em PowerPoint

Por conta da grande quantidade de informação contida nas info-animações optamos por utilizar a técnica da revelação progressiva (KELLER, 1987), que consiste em passar aos alunos apenas as informações que ele precisa naquele momento evitando dar informações demais de uma só vez. Também procuramos repetir as informações mais importantes em vários slides, acrescentando grau de dificuldade progressivamente, pois cada vez que repensamos sobre determinado assunto as memórias mudam (WEINSCHENK, 2014, p. 47), gerando novos subsunçores que reforçam os já existentes.

Os títulos distribuídos ao longo das info-animações possuem dois propósitos. O primeiro é servirem de organizadores para que os alunos tenham noção de quais são

<sup>9</sup> Download em < <https://youtu.be/7qNBHo5On3w> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>10</sup> Download em < <http://ds9.si.edu/site/Download.html> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>11</sup> Download em < <https://youtu.be/u3RYyPNsAD8> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>12</sup> Download em < <http://www.stellarium.org/pt/> > acesso em 05 de maio de 2016.

<sup>13</sup> Download em < <https://youtu.be/nTtI3BmVtwI> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>14</sup> < <https://www.techsmith.com/camtasia.html> > acesso em 06 de maio de 2016.



os próximos passos. O segundo reside no fato das pessoas aprenderem melhor em períodos de, no máximo, 20 minutos. A Dra. Murphy (MURPHY, 2012) realizou a seguinte experiência: pegou dois grupos de pessoas e as fez assistir a uma mesma palestra com duração de 60 minutos, sendo que um grupo viu toda a palestra de uma só vez, enquanto que o outro grupo a assistiu dividida em três períodos de 20 minutos cada. O grupo que viu a palestra fragmentada foi mais receptivo e se lembraram das informações até um mês depois.

Em alguns slides procuramos estabelecer nos alunos a chamada dissonância cognitiva (FESTINGER et al., 1956) que consiste em provocar um desconforto nos alunos ao colocá-los diante de duas ideias que podem ser contraditórias e verdadeiras. Esse desconforto força no aluno uma mudança de atitude, de ideia.

Utilizamos com certa frequência a palavra “Você” nas perguntas contidas nos slides, pois, de acordo com Jones (2010, p.18) “em 1970, a Universidade Yale fez um estudo para identificar as palavras mais persuasivas... A conclusão a que chegaram foi que a palavra mais persuasiva é..., você”.

Também colocamos, nas info-animações em PowerPoint, vários slides contendo questões que deverão ser respondidas pelo método IpC, descrito nos vídeos tutoriais e no tópico seguinte. Todas as questões foram retiradas de vestibulares. Elas possuem graus de dificuldade bem diferentes por dois motivos: o primeiro é para podermos passar por todas as possibilidades de uso do IpC, o segundo é para que nenhum aluno sintasse incapaz.

Os slides foram produzidos seguindo um roteiro, uma história. Histórias ajudam os alunos a reagir emocionalmente ao que está sendo ensinado, facilitando a criação de subsunçores. Histórias simplificam o processamento das informações, proporcionando uma maior dedução das relações entre causa e efeito. Elas podem transformar a informação que está sendo passada em algo simples, descomplicado, curioso e, principalmente, inesquecível.

Para a confecção dos slides nos baseamos no modelo de estilo de aprendizado Visual, Auditivo e Cinestésico - VAC (WEINSCHENK, 2014, p. 65). A ideia é que cada pessoa possui um modo de aprender que funciona melhor com ela. Alguns aprendem mais facilmente a partir de estímulos visuais como um desenho. Outros sentem facilidade em aprender com audiolivros ou ouvindo alguém falando. Mas há pessoas que aprendem melhor ao utilizarem seu corpo em alguma atividade. Todas as pessoas são capazes de aprender através dos três modos, mas cada um tem um estilo mais apropriado. Acreditando nisso, durante os encontros, propiciamos momentos onde o efeito visual prevalece, info-animações, por exemplo, momentos onde o professor falando é a principal transmissão de conhecimento e momentos onde os alunos precisam “pôr a mão na massa”.

De acordo com Minjung Koo (2010), as pessoas sentem-se mais motivados à medida que se aproximam de seus objetivos. Isso nos levou a criar uma rotina de sempre deixar o aluno consciente de qual etapa nos encontrávamos rumo ao objetivo de medir a velocidade da luz. Dentro dessa rotina estão os slides em forma de índice.

Eles servem, entre outros, para gerar no subconsciente a ideia de mudança de nível, avanço, cumprindo a função de tendência ao objetivo.

### 3.3.5. Sequência Didática

Aproveitando o forte atrativo que a Astronomia comumente provoca nos alunos, introduzimos em nossos módulos elementos de uma abordagem espiral, em que apesar de alguns tópicos se repetirem, eles mudam de enfoque a cada repetição (Apêndice G). Esse fato não causa prejuízo à aprendizagem, mas é preciso ter cuidado durante a aplicação para não provocar uma falta de empatia nos alunos para com o assunto por conta dessa repetição. A estratégia de aplicação foi pensada para que isso não ocorra.

A sequência didática possui três módulos a rigor independentes. Evidenciamos algumas peculiaridades de alguns módulos:

- 1) O Módulo 1 consiste de uma info-animação que pode não ser usada, mas se o for deverá ser aplicado no início, pois trata do enredo histórico, pensado e elaborado como uma introdução;
- 2) O Módulo 2 faz uso das oito imagens astronômicas e uma planilha para prever o momento da ocultação de Io por Júpiter. Esse módulo pode ser utilizado de forma independente do Módulo 3, desde que o objetivo traçado pelo professor contemple apenas a previsão da ocultação.
- 3) O Módulo 3 envolve uma planilha e simulações eletrônicas e pode não ser aplicado, no entanto é nele que efetivamente ocorre o cálculo da velocidade da luz. Se o professor escolher não utilizá-lo, em razão de mudança de objetivo, o Módulo 1 necessitará de alterações significativas nos enfoques dados em algumas de suas etapas. Esse módulo possui uma grande versatilidade de uso. Podemos utilizá-lo com observações reais, imagens astronômicas ou simulações computacionais de ocultações, em qualquer combinação entre essas, tanto para a configuração com Júpiter e o Sol em oposição quanto para a configuração em conjunção.

Essa sequência didática, por ser modular, pode ser aplicada, atingindo o objetivo de medir a velocidade da luz, em um intervalo de tempo de no mínimo 1 aula de 50 minutos (ao aplicarmos somente o Módulo 3, a partir de simulações computacionais) até um intervalo máximo de 3 aulas (ao aplicarmos os Módulos de 1 a 3 em sequência).

Ela também pode ser utilizada para tratar outros assuntos que não foram inicialmente contemplados bastando, para isso, mudar o enfoque das questões contidas em todas as etapas.

A lista de assuntos enfocados, materiais necessários à aplicação e tempo de aplicação estão contidos em tabelas que acompanham esta sequência didática.

### 3.4. Aplicação do Material

Com o intuito de tornar essa descrição da aplicação do produto o mais completa possível optamos por utilizar todos os módulos, em sequência, totalizando três aulas de cinquenta minutos cada, divididas em dois encontros. No primeiro encontro aplicamos o pré-teste (Apêndice A) e o Módulo 1, e no segundo os Módulos 2 e 3 e pós-teste.

Antes do início da aplicação de qualquer dos módulos o professor deve atentar para a lista de materiais necessários, verificando se seu colégio os disponibiliza.

O professor deverá assistir aos Vídeos Tutoriais objetivando adquirir os conhecimentos técnicos fundamentais para a utilização dos programas DS9 e Stellarium necessários durante a execução das atividades experimentais, e também para conhecer as estratégias que tínhamos em mente no momento da elaboração das info-animações.

De modo a simplificar a redação dessa parte da metodologia, recorreremos às etapas executadas em nossos vídeos tutoriais ao longo da nossa descrição. Para tanto utilizamos a seguinte metodologia de acrônimos VT1 = Vídeo Tutorial 1, VT2 = Vídeo Tutorial 2 e VT3 = Vídeo Tutorial 3. Ao remetermos a um conteúdo em um momento específico do vídeo tutorial indicaremos o tempo em seguida ao acrônimo, por exemplo: VT1 10:15 e para remeter a intervalos de tempo utilizaremos a seguinte redação VT2 10:15-10:32.

#### 3.4.1. Primeiro Encontro

Iniciamos a aula aplicando o pré-teste, chamando a atenção dos alunos para a falta de qualquer tipo de identificação pessoal nele, pois não são eles que estão sendo avaliados e sim o produto educacional. Fizemos a opção de iniciar com a aplicação deste por dois motivos: primeiro por ser uma turma com a qual já possuímos vínculos, pois trabalhamos há mais de dois anos com esta, inclusive com outras atividades envolvendo o ensino de Física utilizando a Astronomia como base, segundo por nos utilizarmos dessa primeira aula para já introduzirmos alguns assuntos abordados no pré-teste.

Feito isso, iniciamos efetivamente os trabalhos do primeiro encontro abrindo a info-animação em PowerPoint intitulada “Vou contar uma história”. No primeiro slide (

Figura 3.7) de todas as info-animações que produzimos aparece o título da atividade que também é o seu objetivo, qual seja, “Medidas da Velocidade da Luz Usando Observações e Simulações Astronômicas das Luas de Júpiter”. Utilizamos o segundo slide para introduzir essa problemática de maneira lúdica, fazendo uma analogia com a seguinte piada:

Num debate mundial sobre a coisa mais rápida do mundo (valendo o prêmio OSCAR) encontravam-se um físico experimental e um físico teórico.

O teórico afirmara que o PENSAMENTO é a coisa mais rápida do mundo, visto que em questão de pouquíssimos segundos, você consegue memorizar, lembrar e visualizar acontecimentos passados em sua mente!!

(o público aplaudiu concordando com a afirmação)

Entretanto, o experimental afirma:

- Nada disso! A velocidade da Luz que é a coisa mais rápida do mundo, chegando até mesmo em nossas casas em milésimos de segundo!!

(o Público aplaude em excesso, causando certa convicção de que o prêmio viria para o americano...

Mas... como sempre... estudante levanta-se do seu assento e invade o palco afirmando:

- De jeito nenhum!! A coisa mais rápida é a diarreia!!

(todos estupefatos e assustados sem entender o motivo se perguntam por que?)

O ESTUDANTE EXPLICA: A diarreia é a coisa mais rápida do mundo, visto que quando "PENSEI em ACENDER a LUZ, já estava todo CAGADO"!!!<sup>15</sup>.

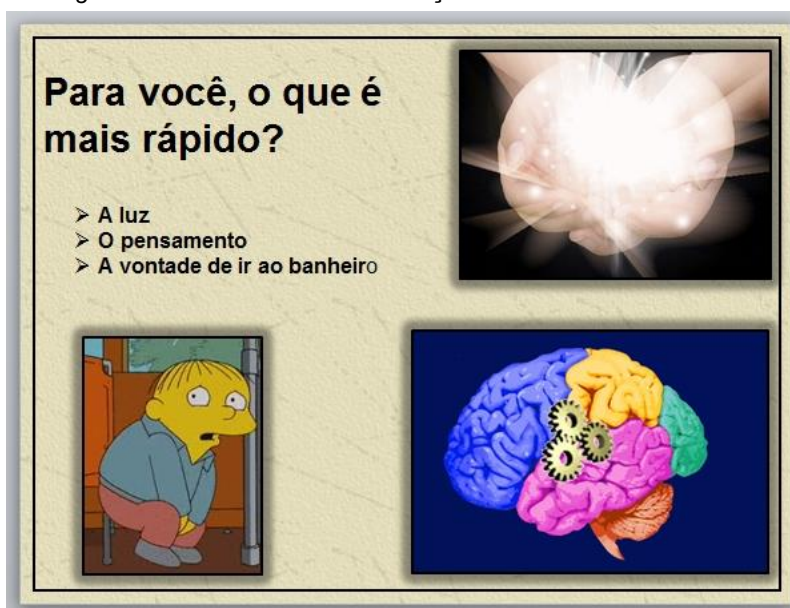
Figura 3.7: Primeiro slide das info-animações.



<sup>15</sup> Adaptado de <<http://crazyseawolf.blogspot.com.br/2012/12/piadas-de-diarreia.html>>acesso em 04 de março de 2015

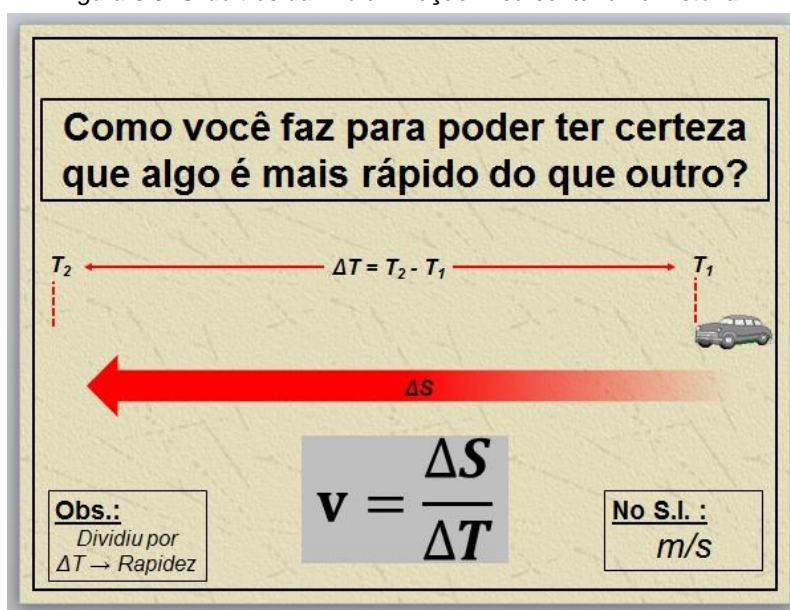
Ao aparecer no segundo slide a pergunta “Para você, o que é mais rápido: a luz, o pensamento ou a vontade de ir ao banheiro?”, com gifs animados para ilustrar (Figura 3.8), estamos ativando subsunçores nos alunos que, de alguma forma, já tiveram contato com essa piada. Utilizamos desse expediente para causar uma empatia (FONTGALLAND & MOREIRA, 2012) inicial dos alunos para com o problema de medição da velocidade da luz.

Figura 3.8: Slide dois da info-animação “Vou contar uma história”.



Após algumas risadas conduzimos a discussão de modo a fazê-los perceber a necessidade de se ter certeza do quanto algo é mais rápido do que outro. Nesse momento passamos ao terceiro slide (Figura 3.9).

Figura 3.9: Slide três da info-animação “Vou contar uma história”.

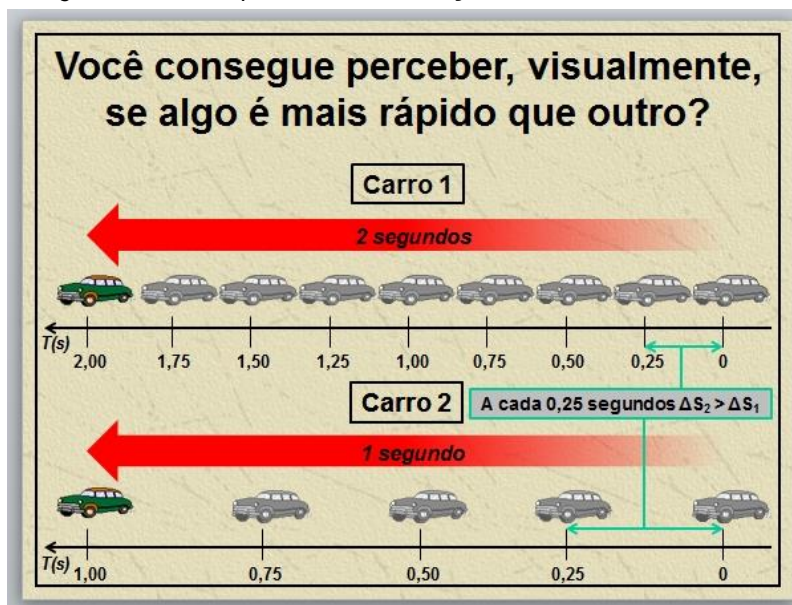


Iniciamos o terceiro slide com a pergunta “Como você faz para poder ter certeza que algo é mais rápido que outro?” com o objetivo de levarmos os alunos a perceber a necessidade de saber como calcular velocidades. Nessa info-animação (o procedimento detalhado de como utilizar essa e outras info-animações está descrito no Vídeo Tutorial 3) apresentamos um carrinho se movendo em linha reta (VT3 00:44). Durante o deslocamento desse carrinho aparecem na tela os termos necessários ao cálculo da velocidade média. Em seguida aparece a equação utilizada para o seu cálculo. Nesse momento explicamos, de forma dialogada, o conceito de grandeza física. Procuramos estabelecer vínculos empáticos com os alunos através de perguntas do tipo: “o amor que o professor sente por vocês é uma grandeza física?”. Os alunos responderam corretamente que não, pois é algo que não pode ser medido. Ao ouvir essa resposta prontamente dissemos: “*não pode ser medido por ser muito grande*”. De nossa experiência diária aprendemos que provocar situações como essas ocasionam um aumento na empatia entre professor e aluno facilitando o processo de ensino/aprendizagem. Explicamos posteriormente, e novamente de forma dialogada, que toda vez que, para obtermos o valor de uma determinada grandeza física, necessitamos dividir uma outra grandeza física pelo intervalo de tempo em que o evento ocorre, no fundo estamos calculando algum tipo de rapidez. Como exemplo utilizamos a própria velocidade que consiste na rapidez com que algo se desloca no espaço, a aceleração que é a rapidez com que a velocidade muda e a potência de um equipamento que consiste na rapidez em que ele transforma a energia. Todos esses exemplos podem ser facilmente observados pelos alunos no seu dia-a-dia. Discutimos também as várias possibilidades de unidades de medida para a velocidade aproveitando para levantar o debate sobre o que é medir uma grandeza física, levando os alunos a perceber que medir é saber quantas vezes a unidade de medida cabe no que estamos medindo.

Passamos então ao quarto slide (Figura 3.10) onde iniciamos uma discussão a partir da pergunta: “Você consegue perceber, visualmente, se algo é mais rápido que outro?”. Após darmos mais um clique no mouse surgem sequências de imagens na tela simulando fotografias estroboscópicas de dois carros (VT3 03:07). Para o primeiro carro o espaço entre as imagens consecutivas representativas de seu movimento é menor do que as mesmas imagens para o segundo carro. Ao perguntarmos qual dos dois carros seria o mais rápido, quase todos os alunos responderam que seria o segundo, pois este havia percorrido uma distância maior entre imagens consecutivas. Nesse instante um dos alunos disse que isso só seria verdade se o tempo entre as fotos fosse o mesmo, ou seja, faltava esclarecer qual a escala de tempo utilizada nas fotografias estroboscópicas. Dito isso reforçamos que o questionamento feito por esse aluno era pertinente utilizando a sequência do slide para mostrar que a resposta inicial dada pela maioria só estava correta por que a escala de tempo utilizada nas fotografias era a mesma para os dois carros.

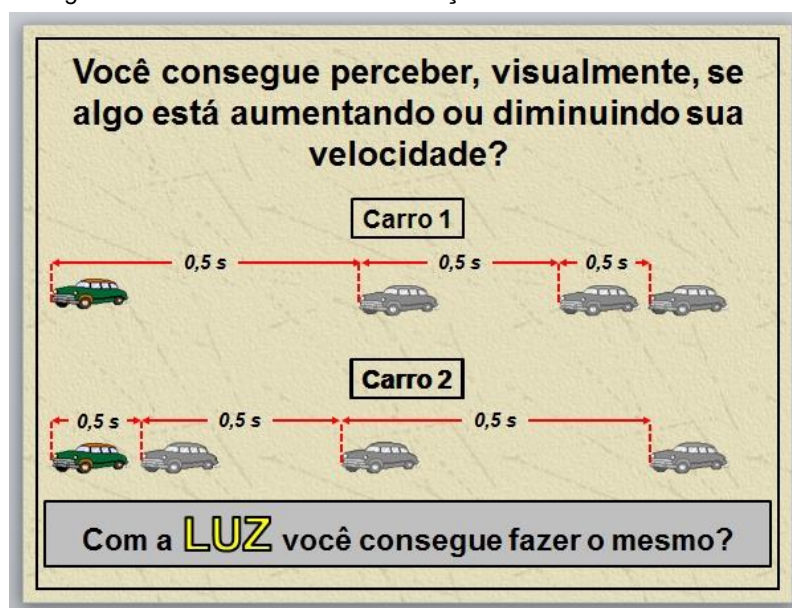


Figura 3.10: Slide quatro da info-animação “Vou contar uma história”.



O questionamento que abre o slide cinco (Figura 3.11) é o seguinte: “Você consegue perceber, visualmente, se algo está aumentando ou diminuindo sua velocidade?”. Nesse slide (VT3 03:56), para o carro 1, os espaços entre imagens consecutivas vai aumentando da direita para a esquerda, enquanto que em relação ao carro 2 ocorre justamente o contrário. O objetivo foi fazer com que os alunos percebessem que também nesse caso era necessário saber qual escala de tempo foi utilizada nas fotografias estroboscópicas. Na sequência, ao clicarmos no mouse, surge a pergunta: “Com a luz você consegue fazer o mesmo?”.

Figura 3.11: Slide cinco da info-animação “Vou contar uma história”.



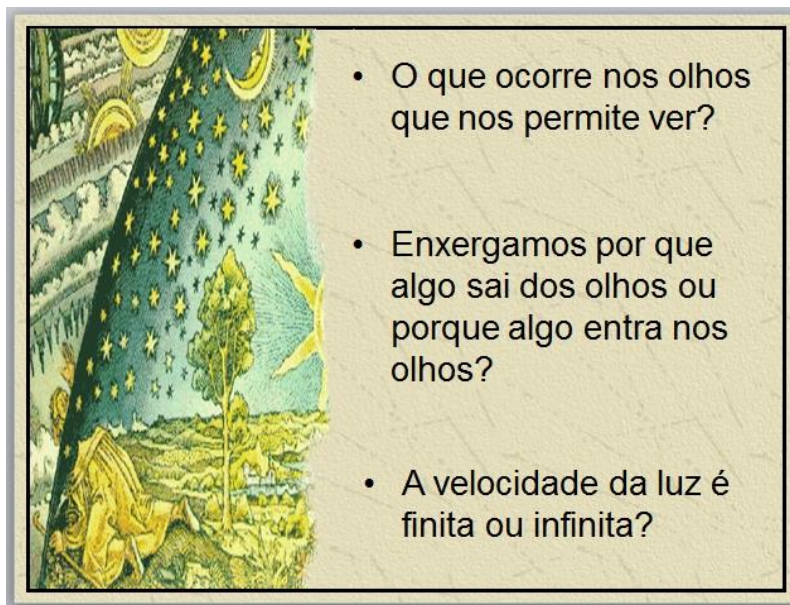
Procuramos não interferir no debate que surge entre os alunos que procuraram dar uma resposta à pergunta, apenas sugerimos que enxergamos por conta da luz. O propósito de não interferirmos está em deixar que prevaleça a dúvida de qual seria a resposta correta a essa pergunta propiciando-nos um “campo fértil” para passarmos adiante com o próximo slide (Figura 3.12). Nele colocamos três perguntas, todas elas ligadas diretamente a natureza e velocidade da luz, quais sejam: “O que ocorre nos olhos que nos permite ver?”, “Enxergamos por que algo sai dos olhos ou por que algo entra nos olhos?” e “A velocidade da luz é finita ou infinita?”. Sendo a resposta à última pergunta o cerne de nossa proposta de atividade e os dois primeiros questionamentos servem para suscitar nos alunos as mesmas dúvidas que os antigos pensadores gregos tinham e que são à base dos próximos slides.

Ao lançarmos a segunda pergunta à maioria dos alunos respondeu prontamente que algo saia dos objetos e chegava aos nossos olhos. Solicitamos então uma prova frisando que não vale dizer: “foi o professor de Física do segundo ano que me ensinou assim e eu confio nele”. De nossa experiência pessoal reforçamos que essas brincadeiras ajudam a fortalecer a empatia entre o professor e os alunos, facilitando o processo de ensino/aprendizagem. Essa frase especificamente contribui não somente para o aumento da empatia, mas age no subconsciente do aluno induzindo-o a um aumento na confiança em relação ao professor. Após uma série de risadas, como prova, um dos alunos responde que se a sala onde estávamos estivesse totalmente escura não veríamos nada. Dai em diante vários outros alunos se pronunciaram tentando provar a tese de que enxergamos por que algo sai do objeto e vem aos nossos olhos. Todas elas bem consistentes. Deixamos para aprimorar a discussão nos próximos slides.

Passamos para a terceira pergunta. Os alunos disseram que a velocidade da luz era finita. Ao solicitar uma prova falamos que não vale dizer que está escrito nos livros e que a próxima prova conteria a seguinte questão: “Explique, exemplifique, justifique e me convença que a velocidade da luz é finita”. Todos riram, contudo não souberam citar uma prova.



Figura 3.12: Slide seis da info-animação “Vou contar uma história”.



Como resposta as duas primeiras indagações do slide anterior nos utilizamos do slide sete (Figura 3.13) para levarmos os alunos a um passeio por parte da história da humanidade que fala sobre as duas principais concepções sobre a percepção visual na antiguidade<sup>16</sup>. Por falta de um termo técnico apropriado denominamos a primeira corrente de pensamento de “Fogo de Afrodite”. Escolhemos esse termo por dois motivos: de nossa experiência pessoal percebemos que o humor permite criar vínculos afetivos, fundamental para o processo de ensino/aprendizagem do aluno (ZIMRING, 2010), e por não ser pejorativo, mesmo possuindo um duplo sentido. Citamos que essa corrente de pensamento deriva da ideia que os antigos gregos possuíam de que todos os corpos existentes eram formados de proporções adequadas dos elementos Terra, Água, Ar e Fogo. Aproveitamos a oportunidade para falar sobre a atual tabela periódica que possui muito mais do que quatro elementos.

Explicamos aos alunos que aquilo que diferenciava fundamentalmente essas duas correntes era que a primeira acreditava que a visão resultava do encontro da luz proveniente do fogo que a deusa Afrodite acendera dentro de nós com os objetos enxergados, enquanto que, para a corrente dos Atomistas, dos objetos emanava partículas chamadas Átomos as quais, ao atingir nossos olhos, nos permitia vê-los. Utilizamos no slide imagens ilustrativas de possíveis características dessas duas correntes de pensamento para facilitar a compreensão pelos alunos desses aspectos.


<sup>16</sup> <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/11/historia-da-luz-ha-mais-de-2-mil-anos-ela-instiga-filosofos-e-cientistas.html>> acesso em 03 de maio de 2016.


Figura 3.13: Slide sete da info-animação “Vou contar uma história”.

## A Percepção Visual na Antiguidade

**Fogo de Afrodite:**


Acreditavam que o olho humano havia sido criado pela deusa Afrodite, deusa da beleza e do amor, e que ela havia acendido o fogo dentro desse olho.





**Atomistas:**

Acreditavam que tudo, inclusive a luz, era feito de minúsculas partículas, os átomos.




Levamos os alunos a refletirem sobre os argumentos utilizados por esses dois grupos. Mesmo possuindo bons argumentos as duas hipóteses não explicavam uma série de fenômenos e indagações. Passamos então ao slide oito (Figura 3.14) onde enumeramos, para cada uma das correntes de pensamento, duas situações conflitantes com essas teorias procurando levar os alunos a uma reflexão sobre essas situações conflitantes.

Figura 3.14: Slide oito da info-animação “Vou contar uma história”.

## Não Explicam

**Fogo de Afrodite:**

- Por que não é possível enxergar num lugar escuro?
- Que relação tem a luz do dia com o fogo emitido pelos olhos?



**Atomistas:**

- Os átomos emitidos por um objeto não se chocam com os emitidos por outro?
- Como as imagens de objetos muito grandes são formadas dentro do olho?

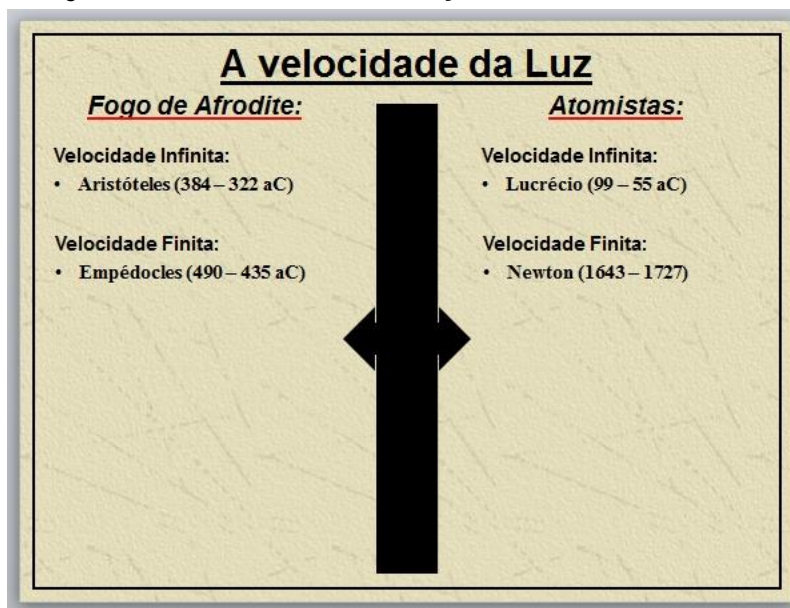
Cada situação que as correntes não conseguem explicar surge na tela após cada clique no mouse. A primeira situação conflituosa, referindo-se aos seguidores do “Fogo de Afrodite”, que aparece na tela relaciona-se à impossibilidade de enxergarmos em um lugar escuro já que eles acreditavam que enxergávamos por conta da luz saindo de nossos olhos. Esse questionamento já havia sido levantado anteriormente por um dos alunos. Explicamos que os antigos gregos arrumaram uma saída para isso admitindo que a percepção visual acontecesse após a luz que saía de nossos olhos encontrar a luz que saía dos objetos, ou seja, que os objetos também emanavam luz pois dentro deles também havia o elemento Fogo. Falamos que os gregos também acreditavam que a luz que saía dos objetos carregava com si informações do objeto como volume, cor, etc.

Esclarecemos então o segundo fato que aparece no slide e que os pensadores da corrente do “Fogo de Afrodite” não conseguiam explicar, qual seja, “por que pelo dia existe muita luz e a noite não?”. Sugerimos como resposta a ideia de que pelo dia existia muita luz por que todos estavam acordados e de olhos abertos iluminando tudo a nossa volta. Já à noite a maioria de nós estava dormindo de olhos fechados, por isso o ambiente a nossa volta encontrava-se com pouca luz. Todos dêmos muitas risadas.

Já em relação aos atomistas elucidamos para os alunos o primeiro aspecto conflitante. Se a percepção visual ocorre quando os átomos emitidos por um objeto penetram nossos olhos e enxergamos mais de um objeto por vez, átomos de objetos diferentes não deveriam se chocar e deixar nossa visão turva? Esclarecemos o outro cenário que os atomistas também não conseguiam explicar. Se enxergamos objetos pequenos e objetos grandes e objetos pequenos emitem menos átomos do que objetos grandes pois possuem uma área de emissão menor, como os inúmeros átomos emitidos por objetos grandes cabem dentro do olho humano?

A partir daí dissemos que dentro de cada uma das correntes existiam seguidores de prestígio que acreditavam que a velocidade da luz era infinita e seguidores, também de prestígio, que acreditavam que a velocidade da luz era finita. Ilustramos esse aspecto no slide número nove (Figura 3.15). Nele mostramos, para as duas correntes de pensamento, nomes influentes e conhecidos dos alunos como Aristóteles e Isaac Newton.

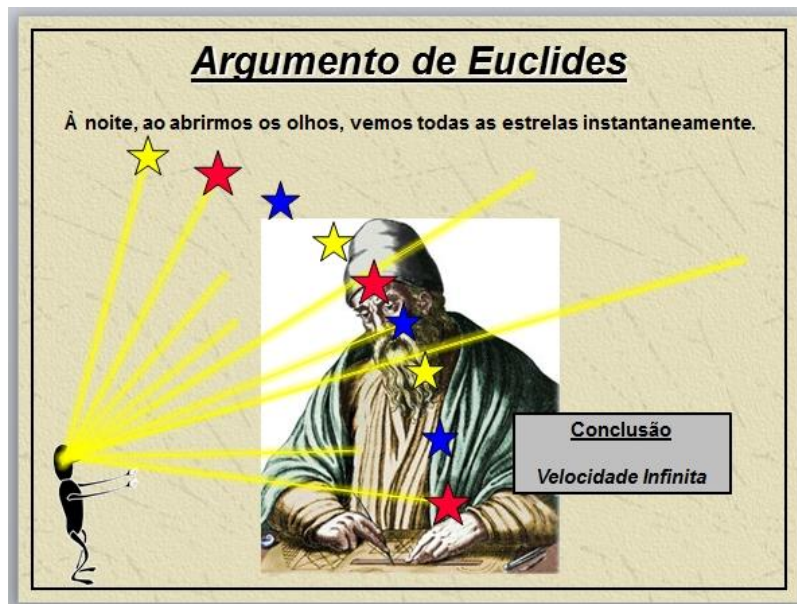
Figura 3.15: Slide nove da info-animação “Vou contar uma história”.



Comentamos que, para as duas correntes de pensamento, tanto os que acreditavam que a velocidade da luz era infinita quanto os que acreditavam ser a velocidade da luz finita, esses sábios possuíam bons argumentos. Com o slide dez (Figura 3.16) procuramos explicar um desses argumentos. Nele aparece o argumento de Euclides que diz: se enxergamos por que a luz sai de nossos olhos e, ao abrirmos os olhos à noite, enxergamos instantaneamente todas as estrelas no céu isso só é possível se a velocidade da luz for infinita. Dito isso prosseguimos com a info-animação em que colocamos um slide para facilitar o entendimento pelos alunos. Nela uma pessoa olha para um céu estrelado. Frisamos também que aparentemente as estrelas que observamos no céu estão incrustadas em uma esfera. A essa esfera imaginária damos o nome de esfera celeste. Esclarecemos que essa aparente posição das estrelas no céu é uma ilusão de ótica por conta da grande distância entre elas e a Terra. Ao seguirmos com a apresentação as estrelas movem-se (VT3 08:53) ocupando posições mais reais no firmamento. Após mais um clique no mouse saem raios de luz dos olhos do observador na Terra que chegam a todas as estrelas no mesmo instante, dando a ideia que a velocidade da luz é infinita.



Figura 3.16: Slide dez da info-animação “Vou contar uma história”.



Utilizamos o slide onze (Figura 3.17) para mostrar aos alunos mais um bom argumento, utilizado por Descartes, para justificar a crença que alguns atomistas possuíam na característica da luz de ter velocidade infinita<sup>17</sup>. A base do raciocínio desse argumento aparece escrita logo no início do slide, qual seja, “Sendo a velocidade da luz finita e a distância Terra-Lua muito grande, no cone de sombra da Terra ainda estaria contida luz do Sol que não chegou a Lua, iluminando-a mesmo num alinhamento perfeito”. Nesse slide colocamos uma info-animação com o objetivo de facilitar a compreensão desse argumento por parte dos alunos. Ao darmos um clique no mouse à imagem de Descartes no centro do slide some (VT3 09:21), “partículas de luz” saem da imagem do Sol que se encontra na parte superior direita do slide, surge uma imagem da terra no meio do slide e esta se move em direção a diagonal do slide dando a impressão de mover-se ao redor do Sol e surge os cones de sombra e penumbra juntamente com imagens da Lua nesses cones. Nesse momento explicamos aos alunos que fontes extensas de luz podem provocar o surgimento de regiões de sombra, onde os raios de luz não chegam, e regiões de penumbra, onde parte dos raios de luz chegam, e que isso ocorre nos eclipses lunares, podendo este ser parcial, se parte da Lua se encontrar na região de penumbra, ou total, se a Lua se encontrar totalmente na região de sombra. Com mais um clique no mouse o raio de luz que se encontra entre a Terra e a Lua ganha destaque ao aumentar seu brilho e se move em direção a Lua, iluminando-a. Chamamos a atenção dos alunos para o fato de

<sup>17</sup> <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/11/historia-da-luz-ha-mais-de-2-mil-anos-ela-instiga-filosofos-e-cientistas.html>> acesso em 03 de maio de 2016.

que, sendo a distância entre a Terra e a Lua muito grande e a velocidade da luz finita, se isso realmente ocorresse deveríamos enxergar a Lua iluminada. Perguntamos aos alunos qual deles já havia presenciado um eclipse total da Lua e todos ergueram as mãos. Questionados se eles haviam, durante o eclipse total, visto a Lua iluminada ou escura e todos responderam que a haviam enxergado escura. Como a Lua efetivamente não se encontra iluminada durante um eclipse total concluímos que, a partir das ideias dos atomistas, a velocidade da luz deveria ser infinita. Nesse instante aproveitamos para explicar aos alunos os conceitos de hipótese, teoria e lei. Explicamos que uma hipótese torna-se uma teoria após ser exaustivamente testada e que, mesmo após muitos testes, se surgir um único evento que essa hipótese não explique ela não se tornará ou deixará de ser considerada uma teoria. Ao discutir esses conceitos estamos ativando os subsunçores que ajudarão os alunos a responder as questões de história, filosofia e geografia referentes ao ENEM e que se encontram no pré/pós-teste que servem tanto de revisão para o exame nacional como também de balizadoras da asserção do conhecimento pelos alunos e também de feedback para definir que assuntos devemos tratar com mais consistência no segundo e terceiro encontros.

Figura 3.17: Slide onze da info-animação “Vou contar uma história”.



Surge então o slide número doze (Figura 3.18) que serve para nos avisar que nos próximos slides colocamos questões de múltipla escolha que serão respondidas pelos alunos. Por diversas vezes durante os três encontros esse slide aparece. No decorrer dessa dinâmica, chamada de Instrução pelos Colegas - IpC (ARAÚJO E MAZUR, 2013, p.367), nós e os alunos obedecemos as seguintes regras (Figura 3.20): 1- após a questão surgir na tela do projetor dissemos aos alunos que eles teriam um tempo de aproximadamente dois minutos para lê-las e respondê-las individualmente e em silêncio, solicitando deles também que pensem em ao menos

uma justificativa para a sua resposta; 2- passado esse tempo requisitamos que os alunos escolhessem e erguessem a plaquinha que contém a letra que corresponde à resposta que ele julgar ser a correta, procurando não observar as respostas dadas pelos colegas (os alunos receberam previamente plaquinhas com as letras “a”, “b”, “c”, “d” e “e” impressas) (Figura 3.19); 3- depois de todos os alunos terem erguido suas respectivas placas contamos a quantidade de acertos e, se menos de 30% dos alunos responderam corretamente a pergunta passamos imediatamente a revisar o conceito discutido na questão e a explicamos, se a quantidade de acertos se encontrar entre 30% e 70% em relação ao número total de alunos solicitaremos que os alunos formem grupos de duas a cinco pessoas, preferencialmente de respostas diferentes, e que uns tentem convencer os outros que sua resposta é a correta usando os argumentos escolhidos ao responderem individualmente. Após alguns minutos abrimos novamente o processo de votação e explicamos a questão. Se mais de 70% dos alunos responderem corretamente, explicamos a questão e prosseguimos com a apresentação dos slides.

Figura 3.18: Slide doze da info-animação “Vou contar uma história”.

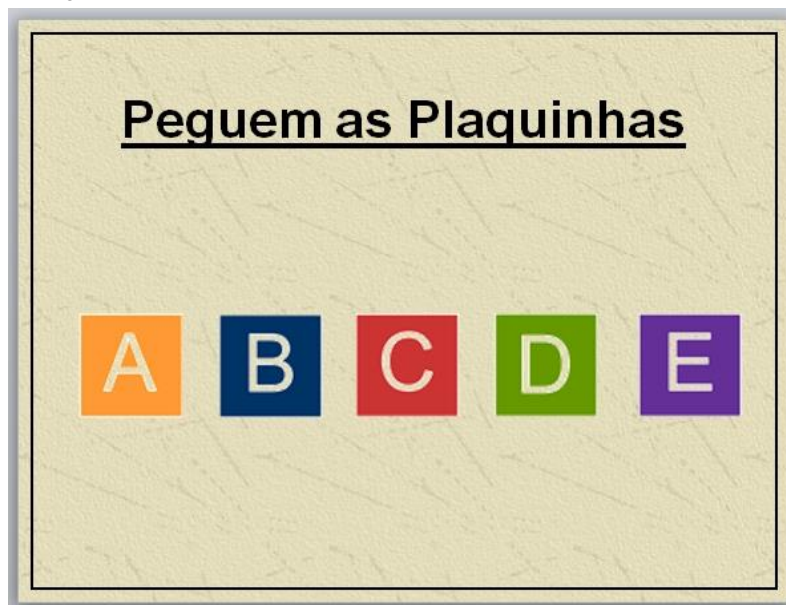


Figura 3.19: Plaquinhas confeccionadas para uso no IpC.

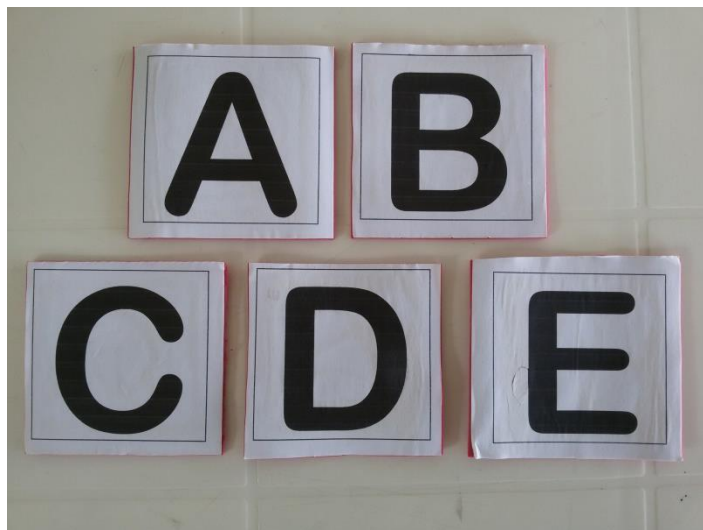
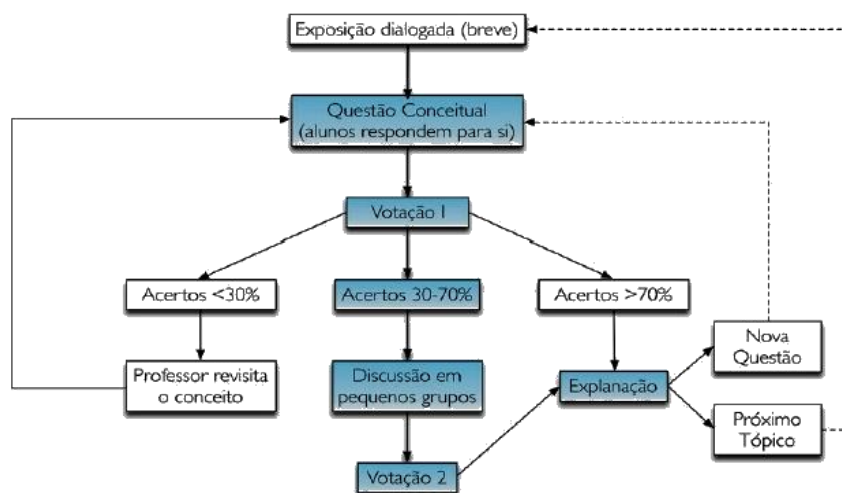


Figura 3.20: Diagrama do processo de implementação do método IpC<sup>18</sup>.



O próximo slide contém uma questão sobre o conceito de eclipse retirada do vestibular do ano de 2012 da Universidade de Caxias do Sul - UCS (

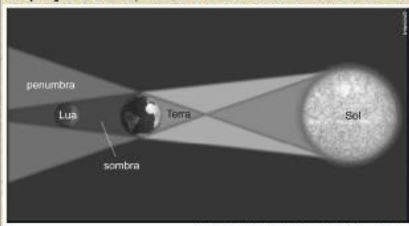
Figura 3.21). Orientamos os alunos a responder essa pergunta utilizando o método do IpC e frisando que não tenham medo de errar pois todos estávamos ali para aprender e que aprendemos mais errando e analisando por que erramos. Ao solicitarmos que erguessem as plaquinhas (Figura 3.22) constatamos que aproximadamente 77% dos alunos acertaram a questão e passamos então a explicá-la. Durante a explicação surge um debate sobre eclipse solar, pois um dos alunos acreditava não ser possível que ele existisse. Explicamos que era possível ocorrer eclipse solar quando a Lua estivesse entre a Terra e o Sol, pois o tamanho angular dela em relação a nós coincide com o tamanho angular do Sol.

<sup>18</sup>ARAÚJO E MAZUR, 2013, p. 370.



Figura 3.21: Slide treze da info-animação “Vou contar uma história”.

1. (Ucs 2012) Os eclipses ocorrem quando um astro, na sua movimentação pelo espaço sideral, oculta momentaneamente outro astro. Observe o desenho.



(Adaptado de: NASA/Goddard Space Flight Center - Eclipses.)

O desenho acima está representando o eclipse

- a) total da Terra.
- b) parcial da Lua.
- c) parcial da Terra.
- d) total da Lua.**
- e) parcial do Sol.

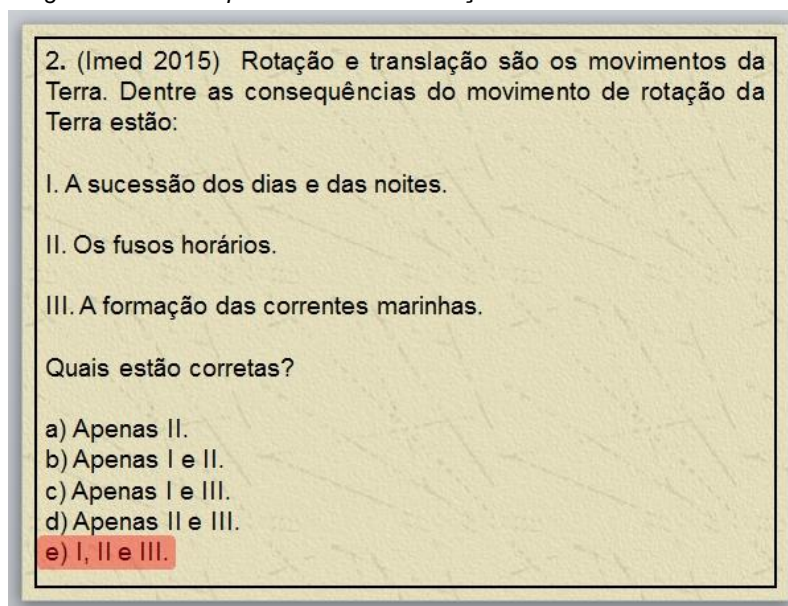
Figura 3.22: Alunos respondendo as questões pelo método IpC.



O slide seguinte contém uma questão do vestibular da Faculdade Meridional (IMED) do ano de 2015 (Figura 3.23). Essa questão conceitual trabalha as consequências dos movimentos de rotação e translação da Terra sobre nós. Trabalhando esses conceitos estávamos trabalhando indiretamente com as teorias geocêntrica e heliocêntrica ativando subsunçores que ajudariam aos alunos a responder os questionamentos do pré/pós-teste. Outro conceito que a questão nos permite trabalhar é o de período. A compreensão desse conceito permite responder algumas questões do pré/pós-teste. Esperamos obter com isso, mesmo trabalhando de forma indireta, um aumento no percentual de acertos dos alunos. Cerca de 11% dos alunos acertaram a resposta da pergunta e, de acordo com o método IpC, passamos a explicar, de forma dialogada, a questão. Inicialmente discutimos os fenômenos da rotação e translação da Terra e o conceito de período fazendo uma

analogia com os períodos dos ponteiros de um relógio. Discutimos também os conceitos de referencial e trajetória utilizando aspectos específicos da situação. Feito isso partimos para o cerne da questão que seria analisar três possíveis consequências do movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. O primeiro item que a questão cita é a sucessão dos dias e das noites e, de forma dialogada, perguntamos se a Terra apresenta apenas uma face voltada para o Sol, fazendo com que uma pessoa nessa face enxergasse apenas dia e, obviamente, todos responderam que não. Logo chegaram à conclusão que o item era verdadeiro. O segundo item trata da relação da rotação com os fusos horários. Para fazermos os alunos perceberem que esse item também era verdadeiro fizemos as seguintes perguntas: “se onde estávamos era próximo do meio dia, do outro lado do mundo seria próximo de que horas?”, “nesse instante do outro lado do mundo seria dia ou noite?”. O debate que surge das respostas a essas perguntas levou-os a certeza de que o item também é verdadeiro. O último item trata da relação entre as correntes marítimas e a rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. Os alunos falaram que esse item foi o que causou maior dúvida. Para fazê-los perceber essa relação solicitamos que imaginassem uma bola de futebol molhada que começasse a girar e perguntamos o que ocorreria com a água na sua superfície. Os alunos responderam que perceberiam o aparecimento de um movimento relativo da água na superfície da bola em relação a essa mesma superfície. Essa analogia mostrou-se suficiente para que todos percebessem que o terceiro item também era verdadeiro.

Figura 3.23: Slide quatorze da info-animação “Vou contar uma história”.



2. (Imed 2015) Rotação e translação são os movimentos da Terra. Dentre as consequências do movimento de rotação da Terra estão:

- I. A sucessão dos dias e das noites.
- II. Os fusos horários.
- III. A formação das correntes marinhas.

Quais estão corretas?

- a) Apenas II.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

O slide quinze (Figura 3.24) nos leva novamente ao objetivo de nossa atividade de medir a velocidade da luz. Chamamos a atenção dos alunos para o fato de que para podermos testar as hipóteses que apresentamos anteriormente (a velocidade da luz possuir um valor infinito) seria necessário medi-la. Falamos que os físicos da época pensavam do mesmo jeito, pois alguns diziam que se a velocidade da luz fosse muito grande daria a impressão de ser infinita e, sendo assim, a percepção visual desse valor seria quase impossível. Então como medir a velocidade da luz? Antes de passarmos ao próximo slide relembramos os alunos que medir significa saber quantas vezes a unidade de medida cabe onde estamos medindo e o que medimos é uma grandeza física que não é o “amor”. Nesse momento todos riem. De nossa experiência pessoal percebemos que ao citarmos a palavra “amor” automaticamente eles recordam da brincadeira feita no início da aula e, logo após, eles relembram do conceito de grandeza física que havia sido discutido nessa ocasião. Em nossa percepção a brincadeira poderia contribuir com uma aprendizagem mais significativa pois subsunções gerados a partir de conexões empáticas entre o lúdico e o conceito a ser aprendido são mais facilmente acessados pelo consciente.

Figura 3.24: Slide quinze da info-animação “Vou contar uma história”.



Mencionamos para os alunos que um dos primeiros físicos que ousou propor um experimento científico, com lanternas, para medir o valor da velocidade da luz, com o intuito de acabar com o impasse que existia entre os pensadores da época foi Galileu Galilei. Contamos com o slide dezesseis (

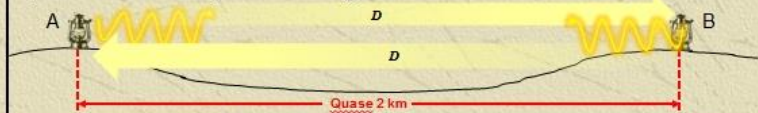
Figura 3.7) para mostrar aos alunos a ideia de Galileu. Logo no início do slide aparece uma imagem de dois homens em duas colinas com lamparinas e o seguinte texto explicativo: *“Em 1667 Galileu tentou medir a velocidade da luz utilizando a distância entre duas colinas. Galileu descobriu sua lanterna e quando o seu ajudante percebeu a luz vinda dela descobriu a sua. Galileu mediu o tempo entre o descobrir a primeira lanterna e perceber a segunda lanterna acesa.”*. Após ler o texto para os alunos, frisando que a “lanterna” da época na verdade era uma lamparina parecida com os candeeiros que usamos hoje, demos um clique no mouse para fazer aparecer na tela uma imagem das colinas em corte (VT3 11:25) com as duas lamparinas, “A” e “B”, em seus topos. Ao darmos mais um clique aparece à informação de que a distância entre as duas colinas é de quase dois quilômetros. Com mais um clique no mouse, na imagem dos homens na colina, a lamparina do homem que aparece mais próximo, em perspectiva, aumenta seu brilho e uma “partícula” de luz viaja dessa lamparina até o topo da outra colina. Clicando mais uma vez no mouse esse efeito é reproduzido na imagem em corte das colinas. Após a chegada dessa “partícula” de luz na segunda colina, a lamparina que se encontra nessa intensifica seu brilho e uma nova “partícula” de luz retorna em direção ao observador na primeira colina. Esse efeito também é reproduzido na imagem em corte das colinas. Nesse momento destacamos que Galileu seria o homem que segura a lamparina na primeira colina e que ele seria responsável por medir o tempo que a luz levou para “ir” até a segunda colina e “voltar” até ele. Brincamos que Galileu deve ter utilizado um relógio de pulso digital de última geração, de alta tecnologia e resistente a água. Todos demos rizadas. Explicamos então que Galileu utilizou uma ampulheta ou um relógio de pêndulo para medir esse tempo, pois era a tecnologia disponível à época. Passamos então a discutir a precisão e a capacidade desses instrumentos para medir curtíssimos intervalos de tempo. Também brincamos com a possibilidade de a luz ir e voltar e Galileu não ter tido tempo de virar a ampulheta. Com mais um clique no mouse aparece na tela a equação utilizada para se calcular a velocidade média de um móvel. Ressaltamos que de posse da distância percorrida e do intervalo de tempo levado para percorrer essa distância podemos calcular a velocidade média. Destacamos que em relação a esse experimento a luz havia percorrido uma distância “D” de quase dois quilômetros, pois Galileu utilizou colinas com distância aproximada de uma milha, e a mesma distância na volta. Mostramos onde esses dados deveriam ser substituídos na equação para podermos calcular a velocidade da luz. Com mais um clique no mouse aparece na tela a pergunta “Deu Certo?” com o intuito de analisarmos se Galileu atingiu seu objetivo. Todos responderam que não e passamos a analisar os motivos do insucesso tais como a pouca distância entre as colinas e a imprecisão dos instrumentos da época, tanto as lamparinas como as ampulhetas.



Figura 3.25: Slide dezesseis da info-animação “Vou contar uma história”.

**Experimento de Galileu**

Em 1667 Galileu tentou medir a velocidade da luz utilizando a distância entre duas colinas. Galileu descobriu sua lanterna e quando o seu ajudante percebeu a luz dela descobriu a sua. Galileu mediu o tempo entre o descobrir a primeira lanterna e perceber a segunda lanterna acesa.



$$v = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

$$c = \frac{2D}{T}$$

Deu certo?

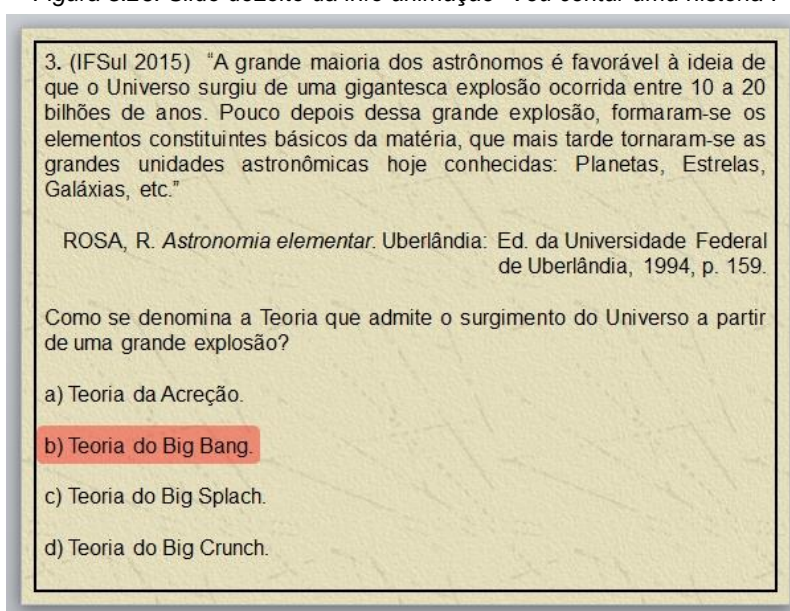
O próximo slide (Figura 3.18) serve para lembrar a todos que os próximos contêm perguntas que deverão ser respondidas de acordo com o método IpC (Figura 3.20) e utilizando as plaquinhas (Figura 3.19). Passamos ao próximo slide (Figura 3.26). Ele contém uma questão do vestibular 2015 do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) que versa sobre a Teoria do Big Bang<sup>19</sup>. Após darmos um tempo para os alunos a respondessem em silêncio, solicitamos que eles erguessem a plaquinha que contem o item escolhido por cada um deles como correto e verificamos que 100% dos alunos acertaram. De acordo com o método IpC, fizemos uma breve explanação sobre a Teoria do Big Bang. Essa questão serve também para criar subsunçores acerca dos conceitos de teoria, hipótese e lei e, inclusive, trabalhar de forma indireta a ideia de método científico indispensável para a resolução de algumas questões do pré/pós-teste. Os alunos iniciaram uma discussão sobre a existência de Deus e aproveitamos para frisar que acreditar na Teoria do Big Bang não implica em ser ateu e, também, para levá-los a pensar nos aspectos da vida que são próprios das ciências e nos que são próprios das religiões. Acreditamos que esse debate ajudou a criar subsunçores que ajudarão os alunos a responder as questões do pré/pós-teste que contêm análises históricas do envolvimento das religiões com as ciências. Os alunos passaram então a nos questionar sobre o significado dos outros itens da questão. Explicamos que a Teoria da Acreção<sup>20</sup> foi pensada para tentar explicar a formação dos planetas a partir da atração gravitacional de partículas mais densas sobre as menos densas que se encontravam no seu entorno, provocando uma acumulação de partículas nesse ponto do espaço. Esclarecemos que a Teoria do Big

<sup>19</sup> < <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm> > acesso em 24 de junho de 2016.

<sup>20</sup> < [https://pt.wikipedia.org/wiki/Acre%C3%A7%C3%A3o\\_\(astrof%C3%ADsica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Acre%C3%A7%C3%A3o_(astrof%C3%ADsica)) > acesso em 24 de junho de 2016.

Splash<sup>21</sup> diz que a Lua foi formada após um objeto, que os cientistas chamaram de Theia, aproximadamente do tamanho de Marte se chocar com a Terra. Essa colisão vaporizou totalmente Theia e destruiu toda a superfície, ainda em formação, da Terra, formando um anel de água e poeira ao redor da Terra. Dissemos que, de acordo com essa Teoria, a Lua surge justamente do acúmulo dessas partículas. Comunicamos que a Teoria do Big Crunch<sup>22</sup> é a Teoria do Grande Colapso, traduzindo para o português. Essa teoria diz que, no futuro, por conta da atração gravitacional, o Universo poderia começara contrair-se. Falamos também que pesquisas recentes mostram que a aceleração da expansão do Universo é positiva, isto significa que a velocidade com a qual as galáxias se afastam está aumentando e não diminuindo como era de se esperar numa hipótese de contração do universo em curso.

Figura 3.26: Slide dezoito da info-animação “Vou contar uma história”.



No slide subsequente (Figura 3.27) colocamos uma questão da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, do vestibular de 2005, que discute o conceito de modelo científico e as implicações da aceitação e validação desse modelo pela comunidade científica. Por ser uma questão que possui uma quantidade de texto maior para ser analisado demos um pouco mais de tempo do que o que havíamos dado nas questões anteriores para os alunos a responderem em silêncio e de acordo com o método IpC (Figura 3.20). Após esse tempo solicitamos aos alunos que erguessem a plaquinha com a resposta (Figura 3.19) e verificamos que 39% dos alunos acertaram a questão. De acordo com o método IpC, pedimos aos alunos que formassem grupos para discutir a questão e, utilizando os argumentos escolhidos para justificar sua resposta inicial, convencessem seus colegas de grupo de que sua

<sup>21</sup> < <http://www.infoescola.com/astronomia/formacao-da-lua/> > acesso em 24 de junho de 2016.

<sup>22</sup> < <https://antesagoraedepois.wordpress.com/evolucao-cosmica/teoria-do-big-bang/> > acesso em 24 de junho de 2016.

resposta era a correta, dando a eles mais um tempo para a realização desse procedimento. Depois desse tempo pedimos mais uma vez que erguessem as plaquinhas com as novas respostas e verificamos que 50% dos alunos acertaram a réplica. Passamos a explicar a questão. Inicialmente perguntamos aos alunos o que seria um cosmólogo, sugerindo que seria um estudioso dos signos do zodíaco. Após algumas risadas vários alunos responderam, cada um do seu jeito, e analisando o enunciado da questão, corretamente que seria um cientista que estuda a origem e evolução do universo. Explicamos o trecho que causou mais dúvidas: "...observações astrofísicas sejam interpretadas de modo enviesado.". Falamos que a mensagem passada por esses cosmólogos com esse trecho era a de que, ao se fazer observações, os resultados eram interpretados de tal forma que sempre comprovavam a Teoria do Big Bang. Passamos a esclarecer o conceito de modelo que consiste numa idealização simplificada de algo que possui maior complexidade. Como exemplos falamos de alguns modelos atômicos. A seguir elucidamos o porquê da resposta correta ser a letra "b". Comentamos, como exemplo de teoria abandonada, o geocentrismo de Ptolomeu.

*Figura 3.27: Slide dezenove da info-animação "Vou contar uma história".*

4. (Ufrn 2005) Um grupo de cosmólogos publicou na revista britânica "New Scientist", em 2004, uma carta aberta à população na qual critica a postura dos defensores do modelo cosmológico da grande explosão. Aqueles cientistas argumentam que atualmente, na cosmologia, não se tolera a dúvida e a discordância. Eles também criticam que essa postura totalitária faz com que as observações astrofísicas sejam interpretadas de modo enviesado. Assim, quando surgem dados observacionais discordantes daquele modelo, em vez de colocá-los em cheque, eles são ignorados ou ridicularizados pelos defensores do referido modelo. Com base nessas informações, conclui-se que esse grupo de cosmólogos está chamando a atenção para o fato de que

- a) a ciência lida com a realidade última, por isso os modelos não podem estar errados e correspondem a essa realidade.
- b) a ciência lida com modelos, os quais podem estar errados na interpretação da realidade, mesmo quando são aceitos por muitos cientistas.**
- c) a pesquisa científica não comete erros ao interpretar a realidade, mesmo quando os cientistas estão em desacordo entre si sobre qual modelo é verdadeiro.
- d) a pesquisa científica é feita por cientistas imparciais e objetivos, os quais querem encontrar testes observacionais para mostrar que os modelos estão errados.

A próxima questão (Figura 3.28) foi retirada do vestibular do ano de 2001 da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Utilizamos essa questão para discutir com mais profundidade os conceitos de hipótese, teoria, lei e modelo. Dêmos um tempo para que os alunos, baseados no método IpC (Figura 3.20), escolhessem um dos itens da questão baseando-se em um argumento que justifique essa escolha. Dado esse tempo solicitamos que todos os alunos erguessem suas respectivas plaquinhas (Figura 3.19) e verificamos que aproximadamente 39% dos alunos responderam corretamente. Nesse momento, ao darmos mais um clique no mouse, fizemos surgir na tela um texto explicativo, contendo uma breve explanação, com exemplos da



biologia e da química, sobre os conceitos que nos propomos a aprofundar. Optamos por colocar esse texto explicativo por não termos discutido anteriormente o conceito de lei científica com os alunos. Feito isso solicitamos, de acordo com o método IpC, que os alunos formassem grupos de discussão e tentassem convencer os colegas de que sua resposta era a correta, baseando-se nos argumentos pensados inicialmente e no texto que colocamos na tela. Passado algum tempo em discussão, pedimos aos alunos que levantassem novamente as plaquinhas e verificamos que 72% dos alunos acertaram a questão. De acordo com o método IpC, passamos a responder a questão. Após a leitura da questão e do texto explicativo, esclarecemos os conceitos de hipótese, teoria e lei a partir das ideias de Lamarck e Darwin para a evolução das espécies, e para elucidar o conceito de modelo retomamos a discussão sobre os modelos atômicos. Através dessa questão ativamos e criamos subsunçores nos alunos que acreditamos que irão ajudar a resolver questões do pré/pós-teste relacionadas com a história das ciências e com o método científico. Retomamos então a discussão da ideia de Galileu de que a velocidade da luz era finita e que, para comprovar essa hipótese, pôs em prática um experimento para medir essa velocidade. Como Galileu não conseguiu comprovar experimentalmente sua ideia ela continuava sendo uma hipótese. Perguntamos, então, aos alunos como medir eficientemente a velocidade da luz?

Figura 3.28: Slide vinte da info-animação “Vou contar uma história”.

5. (Uerj 2001)

O tempo de oscilação de um pêndulo não depende do peso do corpo suspenso na extremidade do fio.

(Galileu Galilei)

Com base neste conhecimento, Galileu, antes mesmo de realizar seu famoso experimento da torre de Pisa, afirmou que uma pedra leve e outra pesada, quando abandonadas livremente de uma mesma altura, deveriam levar o mesmo tempo para chegar ao solo.

Tal afirmação é um exemplo de:

a) lei

b) teoria

c) modelo

d) hipótese

**Evolução do modelo atômico**

Thomson (1904) (bolas positivas e negativas)

Rutherford (1911) (núcleo)

Born (1926) (ondas de energia)

Schrodinger (1926) (mecânica ondulatória)

- **Hipóteses:** são ideias que tentam explicar um fato observável; Ex.: Hipótese da Gradação de Lamarck e Hipótese da Seleção Natural de Darwin
- **Teorias:** são hipóteses que passaram pelo processo de averiguação de suas previsões; Ex.: Teoria da Evolução de Darwin
- **Leis:** são hipóteses que explicam eventos que ocorrem com regularidade; Ex.: A Evolução das Espécies
- **Modelo:** é uma idealização simplificada de um sistema que possui maior complexidade. Ex.: Átomo de Borh

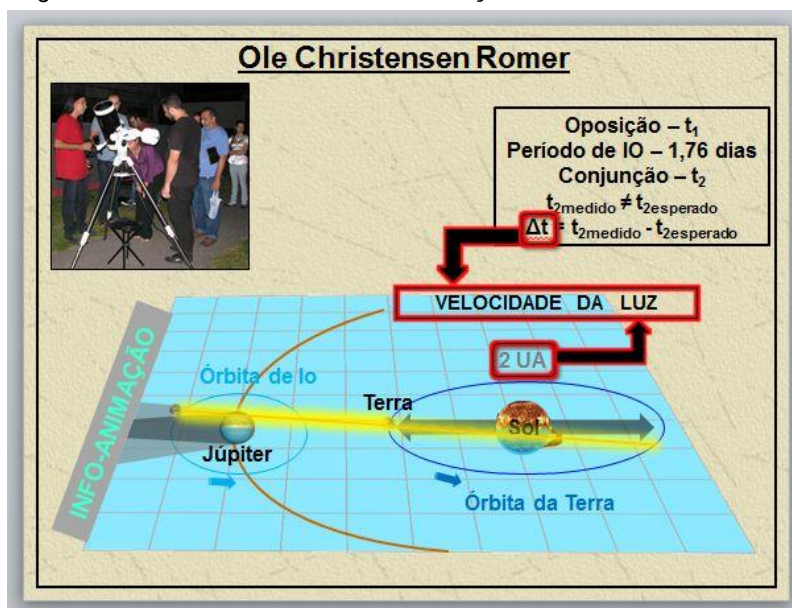
Utilizamos o slide vinte e um (Figura 3.29) para explicar como o Físico dinamarquês Ole Christensen Römer conseguiu, de fato, medir a velocidade da luz, em 1675 (CARVALHO, 2005, p. 15). Ao abrir o slide (VT3 12:45) vemos uma imagem, em perspectiva e fora de escala, que contém o Sol, a Terra, Júpiter e Io, um dos satélites de Júpiter. Ao dar um clique no mouse surge na tela o texto “Oposição –  $t_1$ ”, juntamente com uma fotografia feita em uma das noites de observações que fizemos



no estacionamento da Universidade Federal de Sergipe – UFS, para obtenção das imagens astronômicas que os alunos as utilizaram na atividade de medição da velocidade da luz. Passamos a explicar que o conceito de oposição é usado em Astronomia para caracterizar o momento em que dois corpos celestes se encontram em posições opostas no céu quando tomamos a Terra como referência. Mostramos que essa situação está caracterizada na info-animação, com o planeta Júpiter e o Sol em oposição. Passamos então a explicar que a situação ideal seria se pudéssemos levá-los para fazer observações reais. Isso não foi possível por conta da falta de disponibilidade de alguns deles para fazer observações à noite e dos problemas com o clima nas possíveis datas de observação. Com mais um clique no mouse, um raio de luz sai de Io até a Terra e surge na tela o valor do período de translação de Io ao redor de Júpiter, em dias. Nesse momento chamamos a atenção dos alunos para o fato de que, na info-animação, Io está prestes a ser eclipsado por Júpiter. Perguntamos então aos alunos qual o período de translação da Terra ao redor do Sol e todos responderam corretamente 365 dias. De forma dialogada e comparando os períodos, fizemos os alunos perceberem que enquanto a Terra dá uma volta ao redor do Sol o satélite Io terá dado várias voltas ao redor de Júpiter. Explicamos como, sabendo o instante “ $t_1$ ” da ocultação em oposição e o período de Io ao redor de Júpiter, é possível prever o instante ( $t_2$ ) de uma ocultação futura. Com mais um clique no mouse a Terra, na info-animação, dá meia volta ao redor do Sol enquanto que Io dá várias voltas ao redor de Júpiter. A seguir um raio de luz sai de Io e chega a Terra. Nesse momento evidenciamos que à nova configuração planetária a Astronomia dá o nome de conjunção, ou seja, Júpiter e o Sol encontram-se do mesmo lado em relação à Terra. Chamamos a atenção dos alunos para o fato da luz refletida por Io e que chega a nós percorre uma distância muito maior quando em conjunção do que quando em oposição. Essa distância é de aproximadamente duas vezes o raio médio da órbita da Terra ao redor do Sol. Nesse momento explicamos o conceito de Unidade Astronômica (UA) que consiste justamente na distância média entre a Terra e o Sol, muito útil para medir distâncias entre corpos celestes no Sistema Solar. Passamos a explicar o método para medir a velocidade da luz utilizando por base as observações dos atrasos e adiantamentos sistemáticos nas ocultações das luas de Júpiter constatadas por Römer. Esse método consiste em observar o instante de uma ocultação de Io em oposição, prever um eclipse dessa lua quando em conjunção e, a partir da diferença de tempo entre o instante previsto e o efetivamente observado calcular a velocidade da luz, conhecida a diferença de distância que a luz percorre entre as configurações de oposição e conjunção. Quando Römer percebeu que existia um atraso entre a previsão feita por ele para o eclipse de Io quando Júpiter e o Sol se encontravam em conjunção deduziu corretamente que esse retardamento era devido a luz necessitar percorrer uma distância de aproximadamente duas unidade astronômicas a mais em relação ao percurso anterior (em oposição). Sabendo o quanto a luz precisou percorrer a mais e o intervalo de tempo que a mesma levou para percorrer essa distância podemos calcular sua velocidade. Mencionamos então que

quase todos os colegas de Römer duvidavam de sua conclusão. Römer os desafiou dizendo que a ocultação de Io prevista para o dia 9 de novembro de 1676 ocorreria com dez minutos de atraso (SMALLWOOD, 2013). Ao irem a campo na data e hora previstas verificaram que Römer estava correto.

Figura 3.29: Slide vinte e um da info-animação “Vou contar uma história”.



Antes de encerrarmos o primeiro encontro com o slide vinte e dois (Figura 3.30) distribuimos aos alunos um texto de apoio (Apêndice B), extraído do livro didático que adotamos no colégio (GONÇALVES e TOSCANO, 2013), e um questionário (Apêndice C) de apoio, que eles responderam entre a primeira e a segunda aula, forçando-os a um estudo prévio sobre conceitos que foram discutidos nos encontros posteriores. Também solicitamos que os alunos se dividissem em grupos de até quatro pessoas, pois além dessa atividade poder ser realizada em grupo, estes seriam utilizados nas realizações das atividades nas próximas aulas.

Figura 3.30: Slide vinte e dois da info-animação “Vou contar uma história”.



### 3.4.2. Segundo Encontro

Iniciamos a aula pedindo aos alunos que se reunissem em seus respectivos grupos e comparassem as respostas às questões que lhes foram entregues na aula anterior para serem resolvida em casa. Após um intervalo de tempo de aproximadamente cinco minutos de discussões nos grupos, distribuímos, uma cópia para cada grupo, os gabaritos comentados (Apêndice D) das respectivas questões e demos mais um tempo para analisarem e compararem com suas respostas.

Iniciamos a projeção da info-animação em PowerPoint intitulada “Luz no fim do túnel”. O primeiro slide (

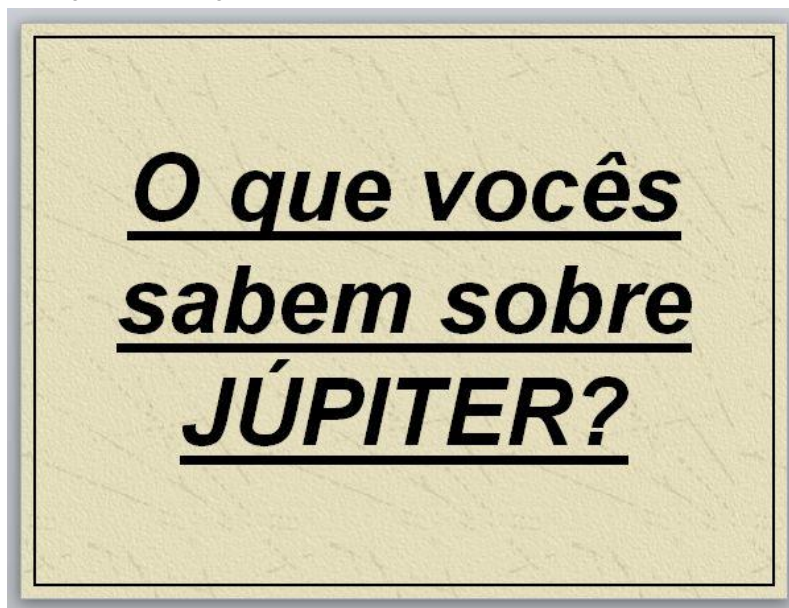
Figura 3.7) contém como título o objetivo principal da atividade. A pergunta “O que vocês sabem sobre Júpiter?” aparece no segundo slide (Figura 3.31) e provocou uma “disputa” entre os grupos de alunos que tentavam demonstrar o quanto conheciam o planeta Júpiter. Nesse momento não interferimos, pois o clima de rivalidade entre os grupos se manteve de maneira respeitosa e saudável. Evidenciamos aos alunos que estávamos muito felizes em perceber que possuíam certa gama de conhecimentos acerca desse gigante do nosso sistema planetário. Um dos alunos frisou:

- grande mesmo.

Ao passo que outro aluno retrucou:

- Depende do referencial, pois em relação ao Sol ele é pequeno.

Figura 3.31: Segundo slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.



Aproveitamos o contexto para passar ao terceiro slide (Figura 3.32), utilizando-o para mostrar algumas curiosidades sobre Júpiter (VT3 15:57). Entre as curiosidades expostas destacamos: a origem romana do nome do planeta, o fato de possuir anéis, o que causou surpresa nos alunos, e três comparativos entre o tamanho de Júpiter com os outros planetas do sistema solar, com o Sol e com outras estrelas conhecidas. A última comparação de tamanho destacava a estrela supergigante vermelha UY Scuti que possui um volume de cerca de cinco bilhões de Sois (ARROYO-TORRES *et al.*, 2013), o que deixou os alunos um pouco assustados e ainda mais curiosos sobre os mistérios do Universo.

Figura 3.32: Terceiro slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.

### Júpiter

- Deus romano equivalente a Zeus;
- Quinto planeta do Sistema;
- Maior planeta do Sistema Solar;
- Dentro dele cabem 1334 terra;
- Composto principalmente de nitrogênio e hélio;
- Possui anéis;
- Período de Translação: 4.331,572 dias;
- Período de Rotação: 9,925 h;
- Velocidade Orbital Média: 13 km/s;
- Temperatura média: -108 °C;
- Gravidade: 24,79 m/s<sup>2</sup>;
- Mancha Vermelha com 24 mil a 40 mil km;
- Possui 67 “Luas”.

### Júpiter

- Deus romano equivalente a Zeus;
- Quinto planeta do Sistema;
- Maior planeta do Sistema Solar;
- Dentro dele cabem 1334 terra;

2 Earth < Neptune < Uranus < Saturn < Jupiter

4 Sirius < Pollux < Arcturus < Aldebaran

5 Aldebaran < Rigel < Antares < Betelgeuse

6 Betelgeuse < VY Canis Majoris < R136A1 < UY Scuti

O slide número quatro (Figura 3.33) traz singularidades sobre o satélite Io de Júpiter (VT3 18:32). Ressaltamos a origem do nome do satélite, que Io é, dentre os 67 satélites de Júpiter, o que possui menor raio de órbita, que é a quarta maior “Lua” do sistema solar, que possui erupções vulcânicas que podem chegar até 250 km de altura em relação a sua superfície, essas erupções são responsáveis por um tênue anel de material ionizado em Júpiter (LOPES e SPENCER, 2007) e que seu período de translação é de aproximadamente 1,77 dias terrestres, informação fundamental para o cálculo da velocidade da luz pelo método de Römer.



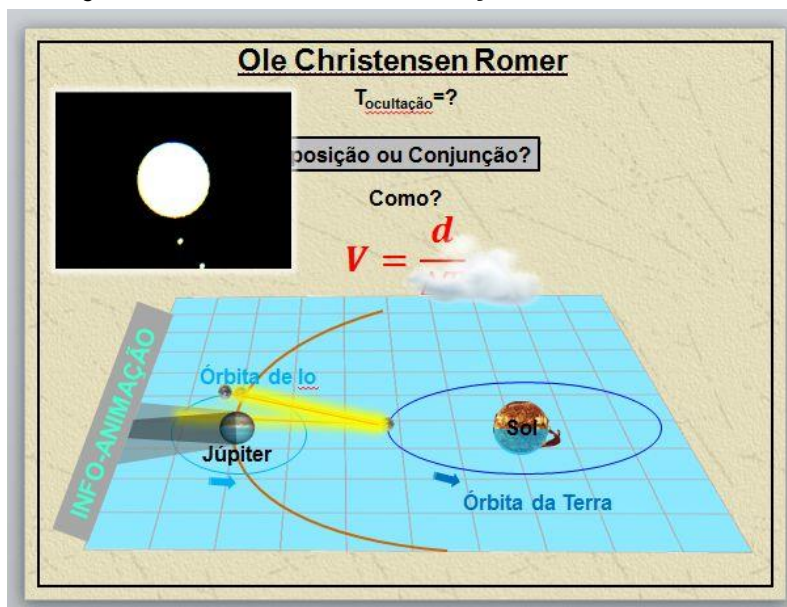
Figura 3.33: Quarto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.



Utilizamos o slide cinco (Figura 3.34) para explicar, com, base na info-animação, o procedimento prático que utilizamos para obter as imagens astronômicas que eles utilizaram para prever o instante da ocultação de Io quando em oposição (VT3 20:05). Após abrirmos esse slide surge na tela uma imagem da Terra, do Sol, de Júpiter e Io em uma determinada configuração. Ao darmos um clique no mouse surge a frase “Oposição ou Conjunção?”. Os alunos começaram a discutir sobre a configuração que se apresentava, onde, após um curto debate entre eles, a maioria se convenceu, corretamente, que Júpiter e o Sol se encontravam em oposição em relação à Terra. Empregamos esse expediente para revisar esses conceitos deixando os alunos livres para errar. Com mais um clique no mouse um raio de luz sai de Io e chega a Terra. Chamamos a atenção dos alunos para o fato de Io se encontrar longe do cone de sombra atrás de Júpiter, ou seja, ainda se passaria um tempo até a ocultação. Também surge na tela uma das imagens astronômicas que produzimos. Nessa imagem, saturada para facilitar a visualização das luas, vemos Júpiter, Io e Europa. Clicando mais uma vez no mouse Io, na info-animação, move-se em sua órbita em direção ao cone de sombra, mas sem alcança-lo. Uma segunda imagem astronômica, também tratada por nós, se sobrepõe a primeira evidenciando, nitidamente, o movimento dos satélites Io e Europa em relação a Júpiter, pois tivemos o cuidado de centralizar as duas imagens em Júpiter. Na sequência Io move-se até a borda do cone de sombra, um raio de luz sai de Io até a Terra, mas de uma forma lúdica introduzimos uma “nuvem interplanetária” que se posiciona entre a Terra e Io bloqueando a visualização deste por alguém que observasse a ocultação da Terra. Essa etapa da info-animação ilustra a impossibilidade que vivenciamos durante a observação real, de saber o instante exato da ocultação de Io por conta das condições climáticas. Explicamos aos alunos que poderíamos contornar a situação por termos feito imagens sucessivas da aproximação de Io momentos antes da ocultação.

Falamos que, utilizando a equação para o cálculo da velocidade média, sabendo o quanto Io ainda precisaria percorrer até a ocultação, a partir da última imagem feita, e sabendo sua velocidade de aproximação em relação a Júpiter seria possível estimar o instante da ocultação.

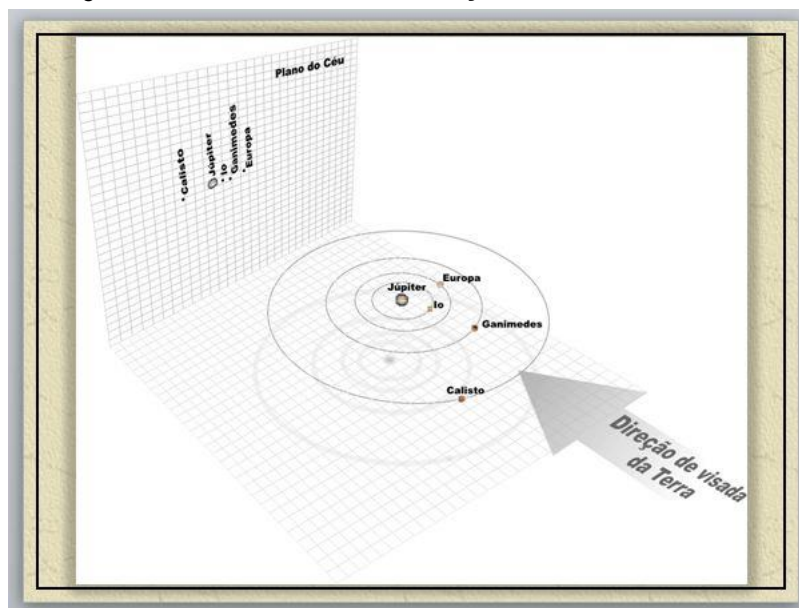
Figura 3.34: Quinto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”.



A partir do slide seguinte (Figura 3.35) discutimos com os alunos como Galileu interpretou o movimento observado das luas de Júpiter como um movimento circular visto em perspectiva (VT3 23:18). Explicamos que isso tem como consequência o fato de que a velocidade observada das luas muda em cada posição da trajetória quando observada de perfil. No entanto essa projeção da velocidade se aproxima de um movimento retilíneo uniforme quando a lua se aproxima angularmente de Júpiter e que é justamente por esse motivo que podemos nos utilizar da equação do movimento uniforme para o cálculo da velocidade para prever o instante da ocultação. Com o intuito de dirimir qualquer dúvida restante utilizamos a analogia com movimentos na superfície da Terra que, para percursos muito inferiores à curvatura da Terra, assemelha-se a um Movimento Retilíneo Uniforme. Isso fornece aos alunos situações observacionais realistas em que eles devem aprender a lidar com dados, considerando hipóteses em certos limites. Dentro da diferença de tempo esperada nas observações de Römer, na escala de minutos, a hipótese de uniformidade do movimento produz efeitos insignificantes no tempo da estimativa. Nesse momento chamamos a atenção dos alunos para o erro conceitual contido na questão do pré/pós-teste, retirada de uma das provas do ENEM, que relacionava uma imagem de Júpiter com os satélites Io, Ganimedes, Calisto e Europa e seus respectivos períodos e órbitas. Ressaltamos que existem várias possíveis configurações para o movimento desses corpos celestes e que, por exemplo, na imagem do slide Ganimedes estava

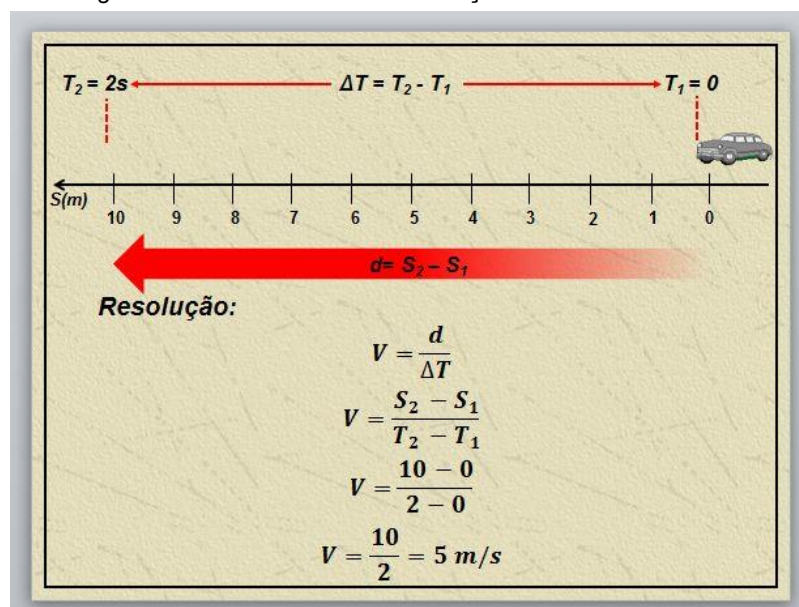
sendo visto como o segundo mais próximo de Júpiter quando, na realidade, o raio médio de sua órbita é o terceiro maior.

Figura 3.35: Sexto slide da info-animação “Luz no fim do túnel”<sup>23</sup>.



Utilizamos o slide sete (Figura 3.36) para discutir, utilizando um exemplo numérico simples e de forma dialogada, os conceitos físicos envolvidos para determinar a velocidade de um móvel. Surge em sequência o slide (Figura 3.18) indicativo de questões que deverão ser respondidas pelo método IpC (Figura 3.20).

Figura 3.36: Slide sete da info-animação “Luz no fim do túnel”.

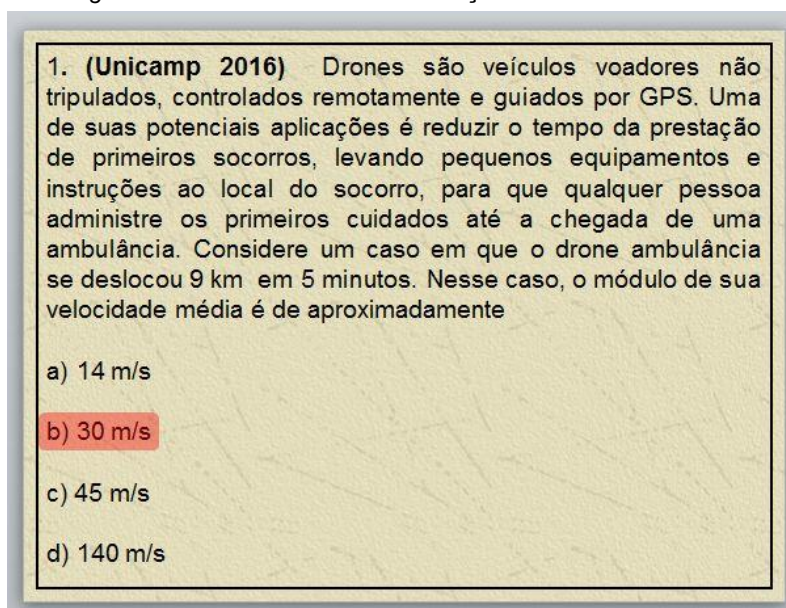


<sup>23</sup> < <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/atividades/LuasJupiter.pdf> > acesso em 24 de junho de 2016.



Aguardamos os alunos pegarem as plaquinhas (Figura 3.19) e, ao clicar no mouse, visualizamos uma questão (Figura 3.37) do vestibular 2016 da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Após aguardarmos dois minutos para que os alunos respondessem individualmente a questão, solicitamos que todos erguessem as placas com a resposta que julgavam correta. Todos os alunos acertaram a questão. Seguindo as orientações do método IpC passamos a explicá-la, evidenciando as necessárias mudanças nas unidades de medida.

Figura 3.37: Slide nove da info-animação “Luz no fim do túnel”.

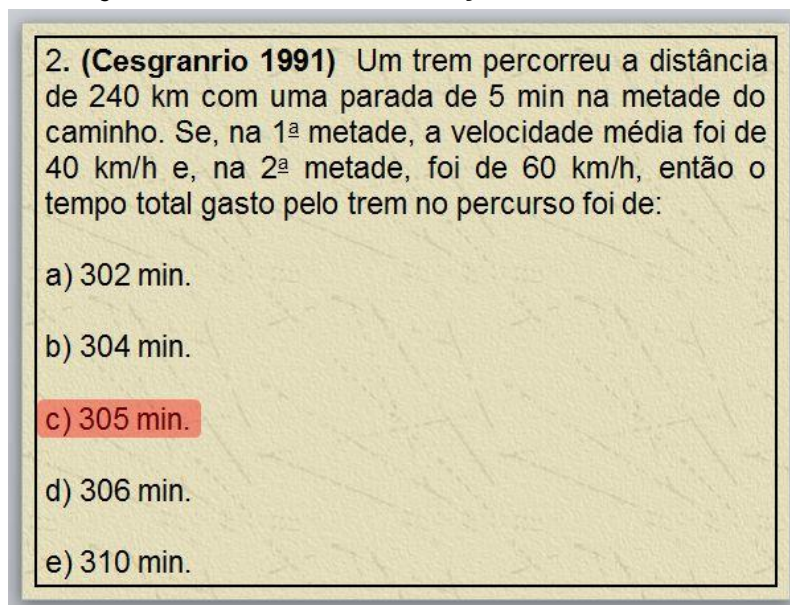


1. **(Unicamp 2016)** Drones são veículos voadores não tripulados, controlados remotamente e guiados por GPS. Uma de suas potenciais aplicações é reduzir o tempo da prestação de primeiros socorros, levando pequenos equipamentos e instruções ao local do socorro, para que qualquer pessoa administre os primeiros cuidados até a chegada de uma ambulância. Considere um caso em que o drone ambulância se deslocou 9 km em 5 minutos. Nesse caso, o módulo de sua velocidade média é de aproximadamente

- a) 14 m/s
- b) 30 m/s**
- c) 45 m/s
- d) 140 m/s

O slide seguinte (Figura 3.38) contém uma questão da Fundação CESGRANRIO, do ano de 1991, também sobre velocidade média, com o objetivo de calcular o tempo total que um trem necessita para percorrer todo o trajeto. Com essas questões temos o intuito de, progressivamente, levarmos os alunos a conseguir fazer os cálculos da previsão da ocultação em oposição. Novamente, utilizando o método IpC, demos tempo, aproximadamente três minutos, para os alunos a respondessem. Mais uma vez 100% dos alunos acertaram e passamos a explicar a questão.

Figura 3.38: Slide dez da info-animação “Luz no fim do túnel”.



O slide número onze (Figura 3.39) da info-animação “Luz no fim do túnel” é, na verdade, um lembrete para pararmos a projeção. Solicitamos então que os grupos localizassem na área de trabalho de seus respectivos computadores uma pasta denominada “Imagens Astronômicas” (VT1 00:26) <sup>24</sup>. Após todos os grupos executarem a tarefa solicitada, pedimos que, utilizando o visualizador de imagens do Windows (o que pode ser feito em qualquer visualizador de imagens de qualquer sistema operacional), abrissem a primeira imagem (VT1 00:50). Levamos os alunos a passear pelas imagens notando que Júpiter permanece no centro de todas as imagens e os satélites ao seu redor movem-se em relação a ele. Outro aspecto das instigantes imagens é a percepção visual da rotação de Júpiter por conta do movimento relativo das manchas em sua superfície. Abrimos o programa profissional de Astronomia denominado SAOImage DS9<sup>25</sup> (Figura 3.40) (VT1 02:29) e passamos a explicar algumas funcionalidades desse programa (Scarano Jr, 2006) que superam as funcionalidades de programas como o visualizador de imagens do Windows. Feito isso, instruímos os alunos a também iniciar o programa DS9. Ensinamos, então, os procedimentos técnicos (VT1 03:07) para abrir as duas primeiras imagens astronômicas, em formato tif, a partir do DS9, solicitando que os alunos repetissem o procedimento para as demais imagens (oito no total).

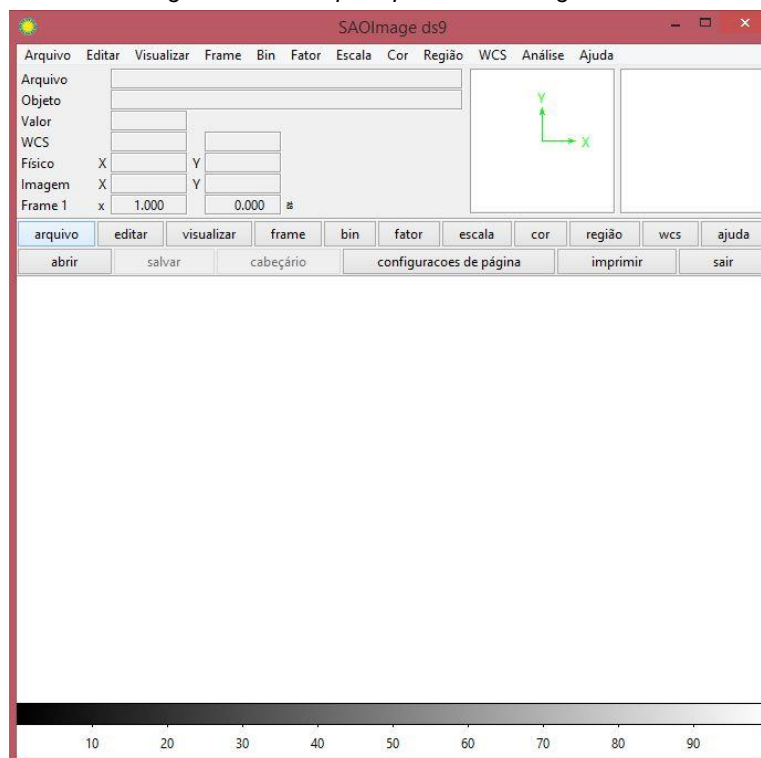
<sup>24</sup> Download em < <https://youtu.be/7qNBHo5On3w> > acesso em 06 de maio de 2016.

<sup>25</sup> Download em < <http://ds9.si.edu/site/Download.html> > acesso em 05 de maio de 2016.

Figura 3.39: Slideonze da info-animação “Luz no fim do túnel”



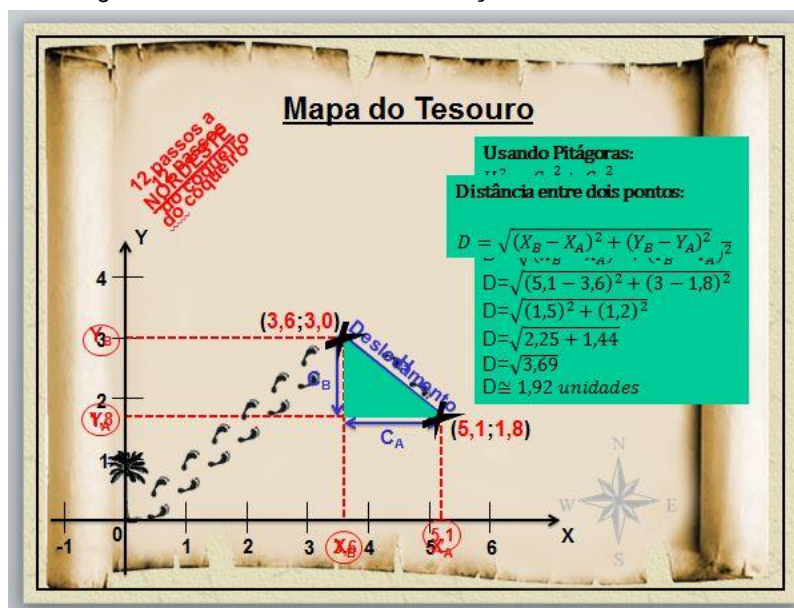
Figura 3.40: Tela principal do SAOImage DS9



Apresentamos, agora utilizando o DS9, a sequência de imagens para reforçar a ideia de que Júpiter se mantém estável no centro da imagem, de modo que a referência padrão da imagem no canto inferior esquerdo utilizado pelo DS9 pode ser assumida como referência para medir distâncias. Nesse ponto retornamos à apresentação em PowerPoint (VT3 25:16) onde utilizamos o slide seguinte (Figura 3.41) para reforçar os conceitos de referencial, noções de vetores e mostrar como determinar as distâncias projetadas percorridas por Io no plano do céu. Demonstramos

como se constrói um sistema de referências e como a partir dele, em uma imagem plana, duas coordenadas delimitam a posição de qualquer ponto na imagem. Nesse aspecto a interdisciplinaridade com a Matemática fica evidente. (o procedimento detalhado de como utilizar essa e outras info-animações está descrito no Vídeo Tutorial 3<sup>26</sup>).

Figura 3.41: Slide doze da info-animação “Luz no fim do túnel”



Os slides quatorze (

Figura 3.42), quinze (Figura 3.43) e dezesseis (Figura 3.44) contêm perguntas, retiradas de vestibulares, acerca do conceito físico de referencial. Essas perguntas foram respondidas pelos alunos utilizando o método IpC (Figura 3.20). Conceitos básicos de física, como o conceito de referencial, foram previamente estudados pelos alunos a partir do texto suplementar (Apêndice B) entregue aos mesmos ao final do primeiro encontro. Isso reforça nos alunos, de forma prática, a necessidade de escolher e utilizar adequadamente sistemas de referência, introduzindo, também, algumas noções sobre vetores. Recorrentemente, durante toda a atividade, retornamos a discussão dos conceitos básicos de física pra propiciar uma melhor asserção do conhecimento por parte dos alunos.

<sup>26</sup> Download em < <https://youtu.be/nTtl3BmVtwl> > acesso em 06 de maio de 2016.

Figura 3.42: Slide quatorze da info-animação “Luz no fim do túnel”

3. (Ufsm 2012) Numa corrida de revezamento, dois atletas, por um pequeno intervalo de tempo, andam juntos para a troca do bastão. Nesse intervalo de tempo,

- I. num referencial fixo na pista, os atletas têm velocidades iguais.
- II. num referencial fixo em um dos atletas, a velocidade do outro é nula.
- III. o movimento real e verdadeiro dos atletas é aquele que se refere a um referencial inercial fixo nas estrelas distantes.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) I, II e III.



Figura 3.43: Slide quinze da info-animação “Luz no fim do túnel”

4. (ifsc 2012) Hoje sabemos que a Terra gira ao redor do Sol (sistema heliocêntrico), assim como todos os demais planetas do nosso sistema solar. Mas na Antiguidade, o homem acreditava ser o centro do Universo, tanto que considerava a Terra como centro do sistema planetário (sistema geocêntrico). Tal consideração estava baseada nas observações cotidianas, pois as pessoas observavam o Sol girando em torno da Terra. É **CORRETO** afirmar que o homem da Antiguidade concluiu que o Sol girava em torno da Terra devido ao fato que:

- a) considerou o Sol como seu sistema de referência.
- b) considerou a Terra como seu sistema de referência.**
- c) esqueceu de adotar um sistema de referência.
- d) considerou a Lua como seu sistema de referência.
- e) considerou as estrelas como seu sistema de referência.

Figura 3.44: Slide dezesseis da info-animação “Luz no fim do túnel”

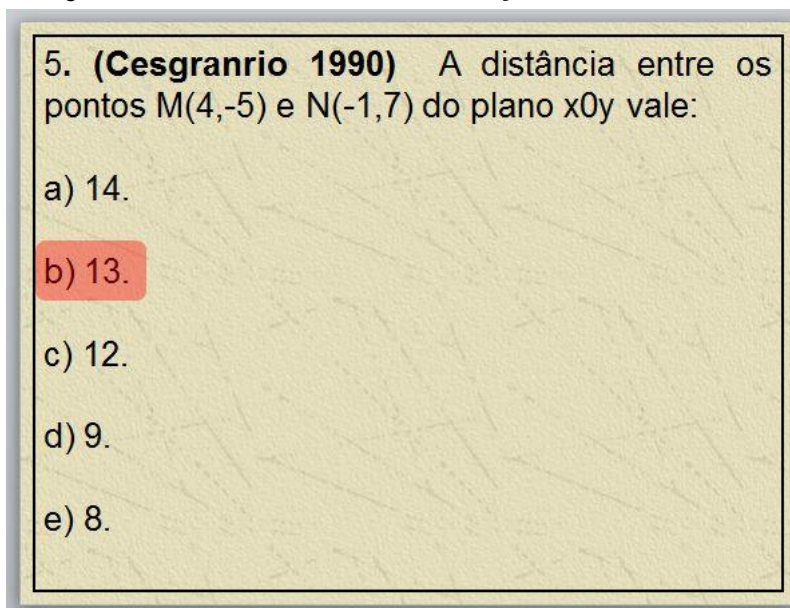
4. (cftpr 2006) Imagine um ônibus escolar parado no ponto de ônibus e um aluno sentado em uma de suas poltronas. Quando o ônibus entra em movimento, sua posição no espaço se modifica: ele se afasta do ponto de ônibus. Dada esta situação, podemos afirmar que a conclusão **ERRADA** é que:

- a) o aluno que está sentado na poltrona, acompanha o ônibus, portanto também se afasta do ponto de ônibus.
- b) podemos dizer que um corpo está em movimento em relação a um referencial quando a sua posição muda em relação a esse referencial.
- c) o aluno está parado em relação ao ônibus e em movimento em relação ao ponto de ônibus, se o referencial for o próprio ônibus.
- d) neste exemplo, o referencial adotado é o ônibus.**
- e) para dizer se um corpo está parado ou em movimento, precisamos relacioná-lo a um ponto ou a um conjunto de pontos de referência.

O slide dezessete (Figura 3.45) contém uma questão de cálculo da Fundação CESGRANRIO, do ano de 1990, sobre distância entre dois pontos no plano cartesiano. Essa questão também foi respondida pelos alunos a partir do método IpC. Nossa intenção com essa questão é fazer o aluno praticar, em um contexto bem mais simples, o uso da equação que eles utilizarão para medir os deslocamentos

sucessivos de lo necessários ao cálculo da velocidade de aproximação do mesmo em relação a Júpiter.

Figura 3.45: Slide dezessete da info-animação “Luz no fim do túnel”

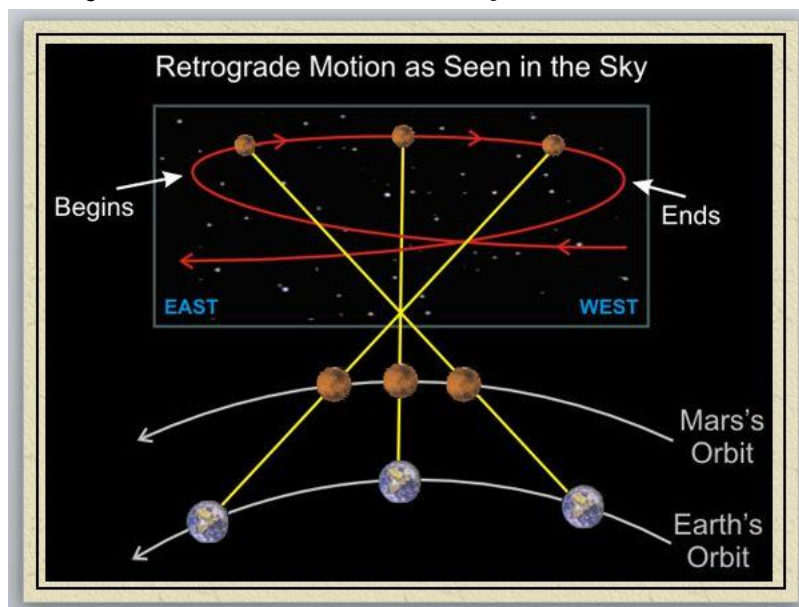


O slide seguinte (Figura 3.46) contém uma imagem<sup>27</sup> da trajetória de Marte vista por um observador na Terra em relação às estrelas ditas fixas na esfera celeste (VT3 29:08). A partir desse slide e utilizando o quadro branco analisamos com os alunos várias situações, além da trajetória de Marte, em que eles foram desafiados a descrever a trajetória de objetos em relação a determinados referenciais. Entre as situações analisadas destacamos a trajetória de uma formiguinha que caminha nas paredes de um cone projetada na base desse mesmo cone.

---

27

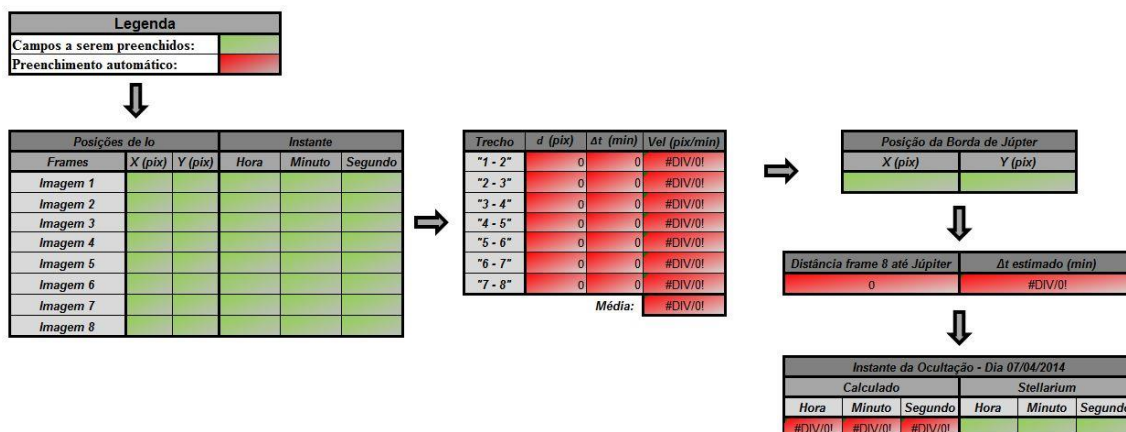
Figura 3.46: Slide dezoito da info-animação “Luz no fim do túnel”



Assim, utilizando as imagens observadas de Júpiter e suas luas em dois momentos distintos da observação explorarmos, com os alunos, como poderíamos descrever o movimento relativo de Io e Júpiter. Na prática, a verificação dessa uniformidade de movimento é explorada pelos alunos quando pedimos para que os mesmos meçam a velocidade com que Io se aproxima angularmente de Júpiter em observações sucessivas. Para ilustrar como as velocidades são medidas, realizamos, no quadro branco e junto com os alunos, todo o procedimento para as duas primeiras observações, projetando no telão as imagens do software DS9 durante todo o procedimento (VT1 06:44). Só então comunicamos aos alunos que a planilha (Figura 3.47) intitulada “Prevendo o futuro” fará os cálculos automaticamente à medida que os dados retirados do DS9 forem sendo digitados nela. Para os grupos que apresentaram dificuldades nessa etapa solicitamos que os outros grupos os ajudassem propiciando a asserção do conhecimento a partir da interação social entre membros de grupos diferentes.

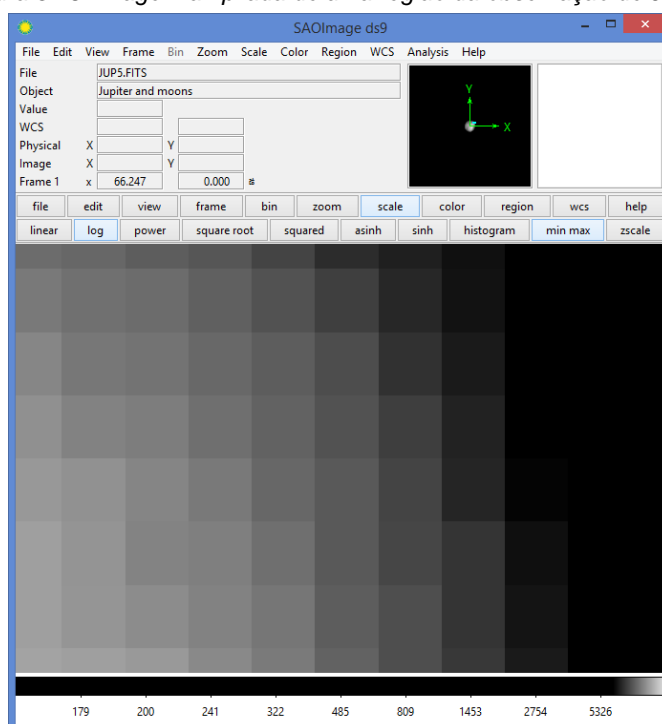


Figura 3.47: Planilha Eletrônica “Prevendo o futuro”



Nessas imagens um padrão de medida de distâncias deve ser definido. Para evitar conversões muito confusas entre grandezas lineares e angulares, optamos por explorar o movimento em escala de píxeis. Para apresentar esse conceito utilizando o próprio DS9, fizemos um "zoom" em uma região da imagem da observação com brilho intermediário de modo que os píxeis pudessem ser vistos como na *Figura 3.48*. Devemos explicar que na imagem essa unidade vai ser nossa unidade de distância. Basta lembrar que um pixel será proporcional a uma unidade de distância padrão de modo que o conceito físico permanecerá o mesmo independentemente da unidade de medida utilizada. Adotar uma postura como essa retira o vício promovido por métodos tradicionais ou de pura memorização, em que distâncias e velocidades acabam sempre sendo medidas de uma maneira padrão.

Figura 3.48: Imagem ampliada de uma região da observação de Júpiter



No DS9 as coordenadas das posições podem ser dadas diretamente, sobrepondo o mouse na posição de interesse, ou por meio de objetos geométricos que podem ser inseridos na imagem (VT1 07:02). De posse dessas coordenadas indicamos para os alunos onde os valores devem ser ordenadamente inseridos na planilha eletrônica, respeitando a sequência dos eventos observados. Apresentamos com essa metodologia um procedimento de como os alunos podem organizar dados de forma significativa, promovendo um método para eles enxergarem as diferentes partes do fenômeno que constituirão a resolução do problema. Para medida do tempo, informamos aos alunos que o instante da observação encontra-se no próprio nome do arquivo das respectivas imagens.

A partir disso temos todos os elementos necessários para calcular intervalos de tempo e distâncias percorridas por Io quando esse se aproxima angularmente de Júpiter. Os momentos das observações são inseridos diretamente, pois na planilha de trabalho existem células para unidade de horas, minutos e segundos. Dado que o momento da ocultação precisa ser determinado com precisão de um minuto, optamos por descrever o movimento nessa unidade de tempo. Assim apresentamos, para as duas primeiras observações, como calcular o intervalo de tempo considerando as conversões em minutos. Isso foi demonstrado no quadro branco e exibido como os cálculos efetivamente são feitos na planilha. Os alunos fizeram o mesmo procedimento para os outros trechos.

Considerando que o movimento de aproximação de Io em relação a Júpiter é aproximadamente uniforme, utilizamos a equação da velocidade média para calcular essa velocidade de aproximação, em píxeis por minutos, trecho a trecho.

Chamamos então a atenção dos alunos para os valores de velocidade de aproximação achados, a partir de dados reais, para cada trecho, mostrando que não são iguais, contudo são próximos, ou seja, o movimento é realmente aproximadamente uniforme. Frisamos também que na última imagem astronômica Io ainda se encontra a certa distância de Júpiter, tendo que percorrê-la até efetivamente se ocultar. Nisso reside à importância de se calcular a velocidade com que Io se aproxima de Júpiter, pois utilizando a média das velocidades medidas (esse cálculo é executado automaticamente pela planilha eletrônica) e a distância que ainda falta ser percorrida por Io, calculamos o intervalo de tempo até a ocultação.

Utilizando o quadro branco e fazendo uma discussão dialogada explicamos como, a partir dos valores da velocidade e da distância, calculamos o intervalo de tempo. Com isso fizemos os grupos perceberem que nos falta saber quanto Io ainda precisará percorrer até considerarmos sua ocultação, pois o momento exato da ocultação não pôde ser observado. Utilizando a composição das posições na oitava imagem no DS9 (VT1 11:52) fizemos, dialogadamente, o aluno perceber em qual posição da borda de Júpiter Io provavelmente irá se ocultar, digitando no local apropriado na tabela as coordenadas desse ponto. Nesse diálogo oferecemos ferramentas apropriadas no contexto do software utilizado, conforme as demandas dos alunos surgiam. Em particular destacamos em nosso vídeo tutorial o recurso para

desenhar regiões com o objetivo de simular a trajetória do objeto de interesse (VT1, 12:02). A distância entre esse ponto e a última posição de Io nas imagens astronômicas é calculada automaticamente pela planilha com o procedimento apresentado na lousa (VT1 13:23). Com esse valor em mãos e o valor da média das velocidades a planilha também calcula, automaticamente, quanto tempo Io levará para se ocultar, em minutos, e o instante da ocultação, em hora, minutos e segundos. Explicamos, em cada etapa, as equações que a planilha utiliza e como essas equações se encontram escritas na mesma.

Chamamos a atenção dos alunos para o fato de ainda não termos atingido o objetivo final de calcular a velocidade da luz utilizando o método de Römer. Solicitamos que os alunos abrissem a planilha eletrônica denominada “E a luz?” (Figura 3.49). Explicamos que essa planilha pode ser utilizada tanto para observações reais como para simulações computacionais desde que se respeite o fato de uma observação ocorrer em oposição e a outra em conjunção. Solicitamos aos alunos que preenchessem a data e o instante da primeira ocultação com os dados obtidos ao final da planilha “Prevendo o futuro” (VT2 01:27). Feito isso explicamos o conceito de data juliana (DJ)<sup>28</sup> que consiste em se medir o tempo continuamente, em dias, a partir de uma determinada data no passado, convenientemente escolhida. A contagem de um novo dia juliano inicia-se ao meio-dia fazendo com que todo o período da noite ocorra dentro de um mesmo dia juliano, uma vantagem evidente para quem pretende fazer observações astronômicas. Outra vantagem reside na facilidade em se calcular o intervalo de tempo entre eventos astronômicos, especialmente os que ocorrem com raridade, bastando subtrair as DJ.

Figura 3.49: Planilha Eletrônica “E a luz?”

Legenda		Constantes	
Campos a serem preenchidos:		Período de Io (em dias):	1,77
Preenchimento automático:		Velocidade da Luz (em km/s)	3,00E+05
		1 Unidade Astronômica (em km):	1,50E+08

Dados da Primeira Ocultação						
Instante			Data			Distância (em UA)
Hora	Minuto	Segundo	Dia	Mês	Ano	
						1721027,50000

Previsão para a Segunda Ocultação		Iniciar a Observação/Simulação em	
Nº de Períodos Desejado:		Data	29/11/-1
Dias Faltantes:	0,00000	Instante	21:35:59
Segunda Ocultação (DJ):	#####	Data Juliana	1721027,40000

Dados da Segunda Ocultação						
Instante			Data			Distância (em UA)
Hora	Minuto	Segundo	Dia	Mês	Ano	
						1721027,50000

Cálculo da Velocidade da Luz							
Distância Percorrida pela Luz		Intervalo de tempo				Valor Calculado	Erro
em UA	em km	em DJ	em horas	em minutos	em segundos		
0	0,000E+00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	#DIV/0!	#DIV/0!

Após essa explicação chamamos a atenção dos alunos para a necessidade de sabermos a distância entre a Terra e Júpiter, em unidades astronômicas.

<sup>28</sup> [https://pt.wikipedia.org/wiki/Data\\_juliana](https://pt.wikipedia.org/wiki/Data_juliana) acesso em 05 de maio de 2016.

Esclarecemos que obteríamos esse dado utilizando o software Stellarium<sup>29</sup> (Figura 3.50), um planetário eletrônico com imagens realistas em três dimensões. Os alunos utilizaram esse programa não somente para obter esse dado (VT2 02:34), mas também para simular a observação em conjunção. Os procedimentos técnicos, realizados pelos alunos, para obter esses dados a partir desse programa são:

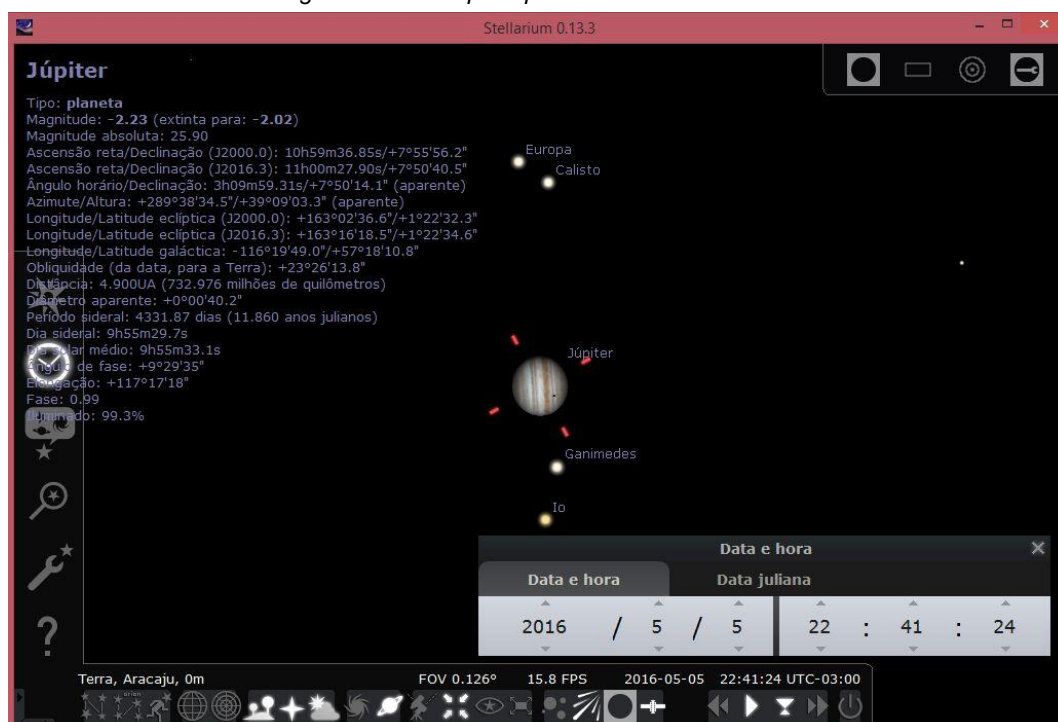
- 1- Como as imagens astronômicas foram tomadas a partir de Aracaju, os alunos aprendem a inserir a posição geográfica de Aracaju, na janela de localização do Stellarium (VT2 03:14);
- 2- Para centralizar Júpiter na tela do planetário os alunos abriram a janela de localização de objetos segundo os procedimento em VT2 03:36. Nessa etapa eles também aprenderam a ampliar a imagem observada;
- 3- Através da janela de data e hora, acessada em VT2 06:00 os alunos aprenderam a mudar a data e hora de visualização para a primeira ocultação. No mesmo trecho é apresentado o procedimento de como obter distâncias entre a Terra e Júpiter nesse instante;
- 4- Após preencherem a tabela com os valores da distância e o número de revoluções de Io na tabela “E a luz?”, automaticamente é calculado quando devemos observar a próxima ocultação (VT2 06:47); antes de efetivamente de se realizar a segunda observação, na janela de opções de céu, os alunos aprenderam a desmarcar a caixa de dialogo “simular velocidade da luz” (VT2 07:09). Com isso simulam a observação em oposição e registram os dados necessários no Stellarium, digitando os valores na tabela “E a luz?”. Esta calcula, automaticamente a velocidade da luz (VT2 08:04).

Explicamos como a planilha faz todos os cálculos automaticamente, com base na equação da velocidade média e do método de Römer. Após executarem todos os processos os grupos obtiveram valores para a velocidade da luz com erros entre 20% e 30% que consideramos aceitável por conta dos métodos utilizados durante todo o procedimento.

---

<sup>29</sup>Download em <<http://www.stellarium.org/pt/>> acesso em 05 de maio de 2016.

Figura 3.50: Tela principal do software Stellarium



Encerramos com a aplicação do pós-teste com o objetivo de avaliar a eficácia de nossa metodologia. Após a aplicação deste, os próprios alunos requisitaram que respondêssemos as questões nele contidas. Optamos por lhes entregar um gabarito comentado, pois, de nossa experiência pessoal, percebemos que desse modo eles trabalham os conceitos por mais tempo, ao ter que pensarem, inicialmente sem nosso auxílio, os porquês dos erros cometidos. Nos propomos a explicar, posteriormente, qualquer questão em que ainda persistisse alguma dúvida. Essa iniciativa dos alunos nos motivou ainda mais em continuar pensando estratégias de ensino diferenciadas como a que acabamos de relatar.

## 4. ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO

Realizamos avaliações quantitativas antes, durante e após a aplicação do produto educacional. Avaliamos através da aplicação do pré-teste com o objetivo de fazer um diagnóstico do conhecimento prévio do aluno. Utilizamos esses dados para elaborar estratégias, que foram aplicadas durante o segundo encontro, que tinham por objetivo sanar essas deficiências.

Com o propósito de que os alunos aprendessem a partir da interação social, propiciamos vários momentos onde os alunos deveriam realizar tarefas em grupo. A primeira dessas tarefas consistiu em comparar as respostas dadas pelos membros dos grupos para as atividades feitas em casa.

Outra forma de avaliar durante a aplicação do produto consistiu em fazer os alunos responderem, usando o método IpC (ARAUJO e MAZUR, 2013), uma série de questões de vestibular que surgem nos slides durante a apresentação. Nesse processo apenas um grau de acerto superior a 70% permitia a passagem direta para uma nova etapa do processo de ensino.

Ao final dos trabalhos os alunos responderam ao pós-teste, que continha as mesmas questões utilizadas no pré-teste. De maneira geral a média de acertos no pré-teste foi de 37% sendo superada pelos 55% no pós-teste, sugerindo que as estratégias que criamos podem ter contribuído para a melhora do resultado. No próximo tópico faremos uma análise mais detalhada dos resultados aferidos nesses testes.

Todas as questões e gabaritos comentados utilizados nas diferentes etapas durante a aplicação do produto educacional foram retirados do site<sup>30</sup>, pago, da empresa Interbits® que dispõem de um banco de questões (Superpro®) com quase 130 mil questões cadastradas. Nesse banco de questões as mesmas são classificadas, também, por grau de dificuldade, que é definido a partir das avaliações feitas pelas pessoas que as utilizam, professores que lecionam em escolas de ensino médio em sua maioria. Fizemos uso dessa escala de dificuldade para organizar a aplicação e nas análises que se encontram no próximo tópico.

### 4.1. Comparativo pré-teste X pós-teste

Considerando os conteúdos explorados pelo ENEM como referência nacional coletiva do mínimo que os alunos deveriam conhecer, optamos por incluir questões de diferentes anos dessa avaliação para compor nossos pré e pós-testes. Como os resultados do ENEM são públicos isso permitirá uma comparação ampla dos resultados de nossos alunos comparados com uma escala maior, como, por exemplo, a de todos os alunos que prestaram o ENEM em Sergipe.

---

<sup>30</sup> < [https://www.sprweb.com.br/mod\\_superpro/index.php](https://www.sprweb.com.br/mod_superpro/index.php) > acesso em 06 de maio de 2016.

A prova do ENEM é subdividida em quatro áreas, a saber: Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e Suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. Destas, O pré/pós-teste contém questões das três primeiras áreas. Todas as questões que escolhemos para por nestas avaliações discutem conceitos com alguma relevância para a Astronomia e para os tópicos. Optamos, então, por analisar as questões subdividindo-as nessas áreas do conhecimento.

#### 4.1.1. Área de Ciências Humanas e suas Tecnologias

Dentre as vinte questões do pré/pós-teste, três referem-se à Área de Ciências Humanas e suas Tecnologias. Na Tabela 4.1 listamos o número da questão na avaliação, a que disciplina ela está relacionada, o ano de aplicação no ENEM e o seu grau de dificuldade.

As três questões tratam da conturbada relação entre a fé e o pensamento científico, especialmente os diferentes modelos planetários. Os percentuais de acertos e erros, tanto no pré-teste, quanto no pós-teste encontram-se no Gráfico 4.1.

Os alunos apresentaram, no pré-teste, um percentual elevado de erros nas questões com grau de dificuldade elevado. Na tentativa de melhorar o desempenho dos alunos inserimos na apresentação várias questões, resolvidas a partir da metodologia IpC, relacionadas a temas conflitantes entre a fé e as ciências, como por exemplo a teoria do Big Bang. Com o mesmo propósito, propomos discussões sobre os conceitos de hipótese, teoria, lei e modelo, trabalhando os temas das questões do teste de forma indireta, transversal. Isso permitiu também a percepção, por parte dos alunos, de que o conhecimento científico não é algo acabado, mas, ao contrário, está em constante construção e mudança.

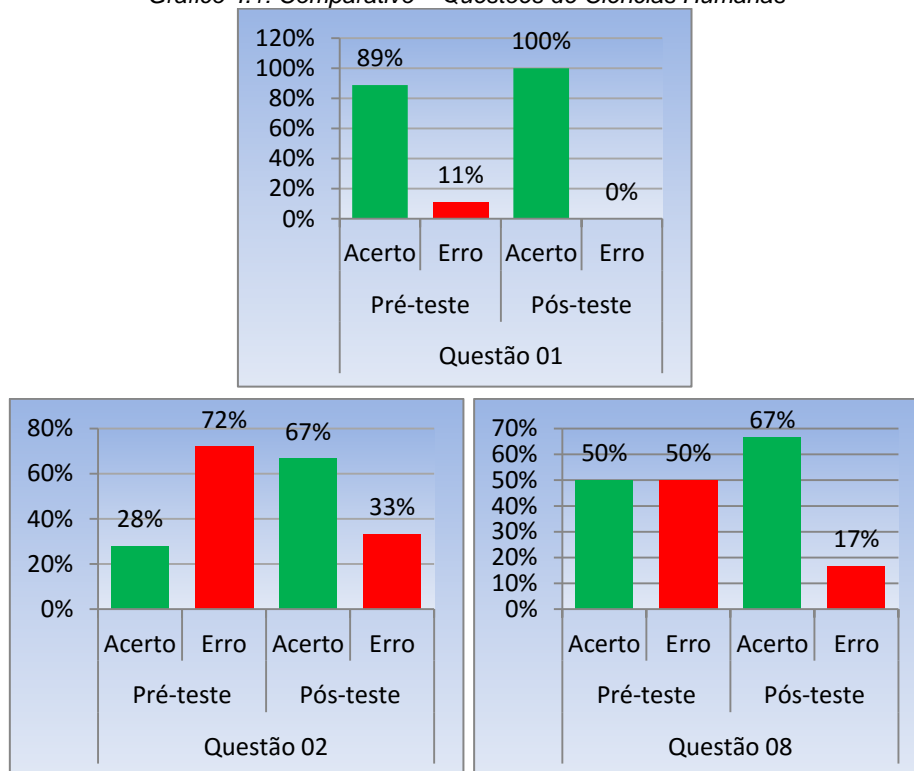
Os resultados dos alunos obtidos no pós-teste foram realmente melhores. O percentual médio de acertos no pré-teste foi de 56%, passando a 78% no pós-teste, constituindo um aumento de, aproximadamente, 39% em relação ao desempenho inicial. Isso sugere um sutil efeito de nossa estratégia.

*Tabela 4.1 : Questões de Ciências Humanas*

<b>Número da Questão</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Ano de Aplicação</b>	<b>Grau de Dificuldade</b>
01	Filosofia	1999	Médio
02	História	2001	Elevado
08	Geografia	2009	Elevado



Gráfico 4.1: Comparativo – Questões de Ciências Humanas



#### 4.1.2. Área de Matemática e suas Tecnologias

Quase metade das questões do pré/pós-teste, nove no total, são da Área de Matemática e suas tecnologias. Quatro dessas questões (questões 12, 17, 18 e 19) trabalham com os conceitos de razão e proporção, sendo que a questão 17 utiliza a ideia de velocidade. Escolhemos esse assunto por que, para velocidade constante, o deslocamento é proporcional ao intervalo de tempo, ou seja, trabalhando, durante a atividade, com questões que envolvam o cálculo da velocidade média estamos também, de forma indireta, trabalhando o raciocínio dos alunos para melhorarem nas resoluções das questões sobre razão e proporção. Outras duas questões dos testes (números 14 e 15) trabalham com o conceito de trajetória, mais uma evidente integração entre a Física e a Matemática. Usamos a estratégia de propor desafios, solicitando que os alunos ficassem de pé e demonstrassem possíveis soluções para as trajetórias, fosse no quadro branco ou gesticulando, atendendo assim às necessidades dos cinestésicos (WEINSCHENK, 2014, p. 65).

As questões números 13 e 20 discutem o conceito de coordenadas cartesianas, a primeira questão no plano e a outra em três dimensões. Esse tipo de questão possui íntima relação com a compreensão, por parte dos alunos, do conceito físico de referencial. Trabalhamos com conceito de referencial principalmente em dois momentos. O primeiro a partir do texto de apoio (Apêndice B), fazendo uso da técnica de EsM (ARAUJO e MAZUR, 2013), e o segundo ao explicarmos, com o auxílio de uma info-animação, o referencial adotado pelo programa DS9 ao indicar posições em

pixels ao apresentarmos procedimentos para medirmos o movimento das luas de Júpiter em relação a ele (VT2).

A questão 16, também da Área de Matemática e suas tecnologias, solicita o cálculo de um determinado comprimento. Pode-se utilizar o Teorema de Pitágoras para resolver o problema. Esse problema foi trabalhado, de forma indireta, ao calcularmos, por exemplo, junto com os alunos o deslocamento de Io entre as duas primeiras imagens astronômicas (VT2).

Procuramos, sempre que possível, trabalhar os tópicos de forma indireta para tentar tirar a dependência dos alunos em relação aos métodos tradicionais de ensino que procuram, em sua maioria, simplesmente a repetição puramente mecânica de equações e a memorização de conteúdos, tornando os alunos cada vez mais dependentes de explicações detalhadas.

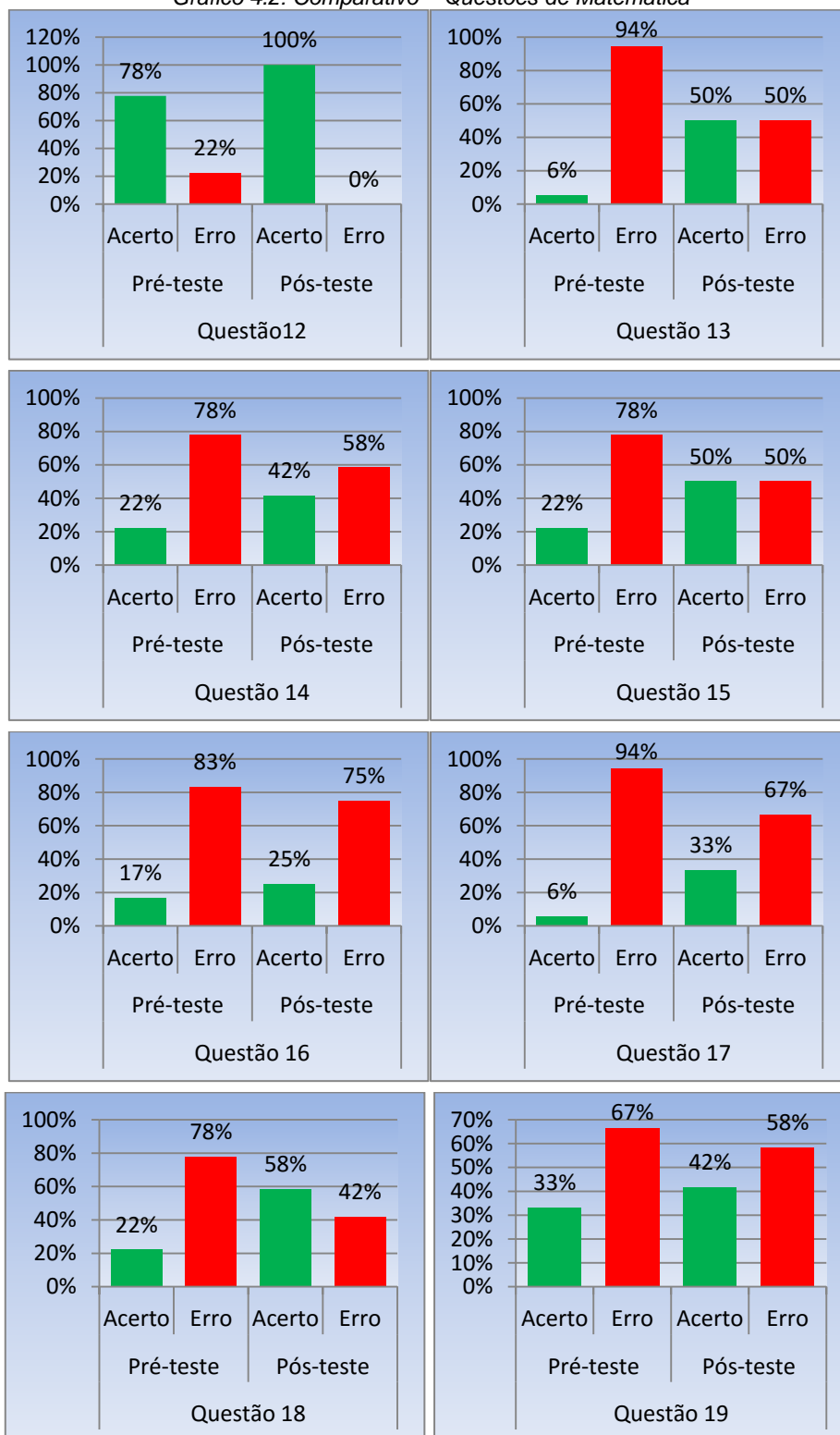
O percentual médio de acerto dos alunos nas questões de Matemática foi 28%, que consideramos muito baixo. Após as intervenções esse percentual médio, no pós-teste, quase que dobrou, subiu para 52%. Esse desempenho representa uma evolução de, aproximadamente, 85% em relação ao pré-teste. Dentre as três áreas do conhecimento que exploramos nessa atividade, esse foi o melhor desempenho. Mais uma vez os números mostram que as intervenções surtiram efeito, não obstante, a questão 16 ter permanecido com o percentual de acerto abaixo dos 28%. Pensamos que o motivo seja, por preocupação com o tempo de execução da atividade, por que evitamos fazer muitas questões de cálculo envolvendo o Teorema de Pitágoras.

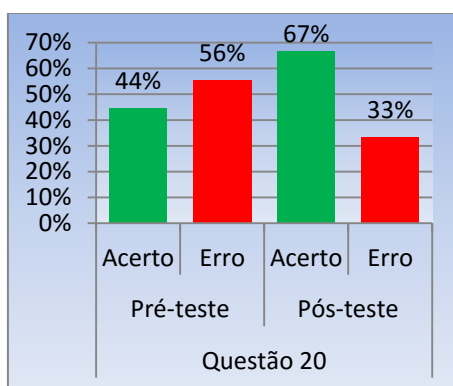
Na Tabela 4.2 relacionamos o número da questão no teste, o ano de aplicação e o grau de dificuldade atribuído às questões pelo Banco de Questões Superpro®. A questão número 13 foi aplicada no ENEM 2014 para Pessoas Privadas de Liberdade (ENEM 2014 – PPL). Duas das três questões do ano de 2009 foram separadas de uma prova do ENEM que foi cancelada por vazamento de gabarito. Já no ano de 2010 foi aplicado duas provas do ENEM, sendo que escolhemos para fazer parte deste teste uma de cada aplicação. Podemos ver o desempenho dos alunos, questão por questão no Gráfico 4.2.

*Tabela 4.2 : Questões de Matemática*

<b>Número da Questão</b>	<b>Ano de Aplicação</b>	<b>Grau de Dificuldade</b>
12	2010	Médio
13	2014 - PPL	Baixo
14	2013	Baixo
15	2012	Médio
16	2006	Baixo
17	2009	Baixo
18	2009 - Cancelado	Baixo
19	2009 - Cancelado	Baixo
20	2010 - 2ª Aplicação	Baixo

Gráfico 4.2: Comparativo – Questões de Matemática





#### 4.1.3. Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

No ENEM, a prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias contempla as disciplinas de Física, Química e Biologia. As oito questões que coletamos nessa área referem-se, não obstante o caráter interdisciplinar delas, primordialmente a matéria Física.

Na Tabela 4.3 listamos o número que cada questão recebeu no pré/pós-teste, o ano em que a questão foi aplicada no ENEM e o grau de dificuldade. No Gráfico 4.3 podemos visualizar o percentual de acertos e erros dos alunos em cada uma das oito questões de Física. As questões de Física foram as que tiveram o pior desempenho em relação ao aumento percentual médio de acertos. Subiu de 40% no pré-teste para 49% no pós-teste, evolução de 22,5% em relação ao desempenho inicial.

Para a questão número 06 a estratégia que usamos para provocar um aumento no percentual de acertos da turma foi a mesma utilizada nas questões 14 e 15 da área de Matemática, visto que as três versam sobre o mesmo conceito, qual seja, trajetória.

As questões 04 e 09 foram trabalhadas da mesma forma que as questões 12, 17, 18 e 19 da parte de Matemática, já que todas, cada uma de uma perspectiva diferente, trabalham os assuntos velocidade média, razão e proporção.

O texto de apoio que os alunos receberam para estudar (Apêndice B) entre o primeiro encontro e o segundo trabalhava os conceitos de referencial, trajetória e movimento relativo, a partir de um texto envolvendo, entre outros, a Astronomia e de três questões de aprendizagem. Como a questão 03 trata-se de uma pergunta teórica acerca da compreensão do conceito de movimento relativo, a estratégia de utilizar o texto suplementar também serve para a finalidade de se trabalhar esse conteúdo. Também trabalhamos esse conteúdo ao analisarmos, juntos com os alunos, os possíveis desdobramentos do movimento relativo entre a Terra e Júpiter na medição da velocidade da luz.

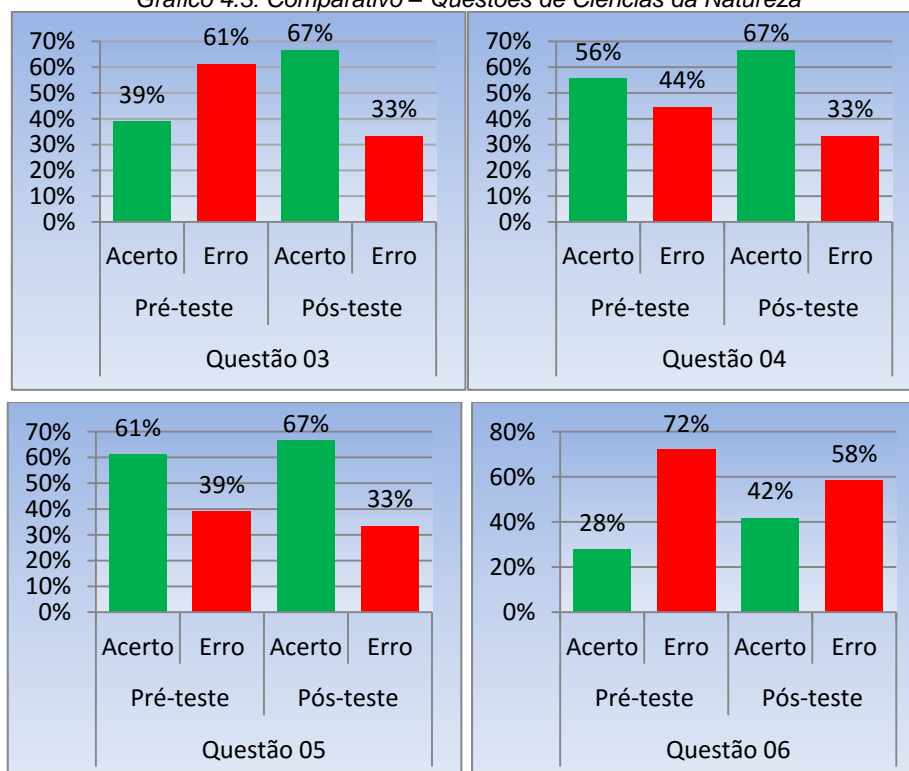
Os temas das questões 05, lei da inércia, e 11, sobre a função da retina no olho, foram abordados de forma indireta durante as aulas. Por exemplo, a lei da inércia foi posta em debate quando analisávamos as provas do movimento de translação da Terra. Já a função da retina aparece naturalmente durante as discussões acerca da concepção visual na antiguidade.

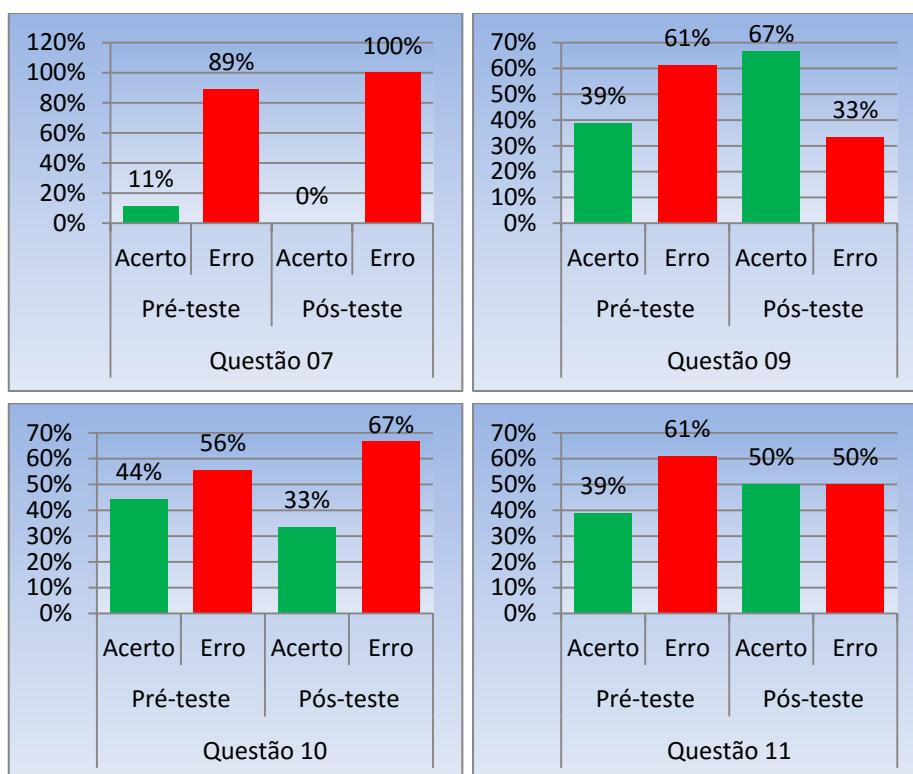
De todas as questões analisadas até o momento, houve aumento no número de acerto ao compararmos pré-teste com pós-teste. As questões 07 e 10 nos surpreenderam por apresentarem uma piora no número de acertos. Em relação a questão 07 o que pode ter ocorrido é que, em dado momento durante a aplicação do produto, comentamos com os alunos acerca do erro conceitual que percebemos nela. Esse fato pode ter tendenciado aos alunos, acarretando um aumento no número de alunos errando. Já em relação à questão 10 assumimos que, por acharmos que o assunto ano-luz surgiria naturalmente nas discussões, não voltamos a tratar do conceito durante a aplicação do produto.

*Tabela 4.3 : Questões de Ciências da Natureza*

Número da Questão	Ano de Aplicação	Grau de Dificuldade
03	2013 – PPL	Baixo
04	2012	Baixo
05	2012 – PPL	Baixo
06	2012	Elevado
07	2000	Baixo
09	2008	Médio
10	2010	Baixo
11	2015	Médio

*Gráfico 4.3: Comparativo – Questões de Ciências da Natureza*





#### 4.2. Comparativo ENEM X pré-teste X pós-teste

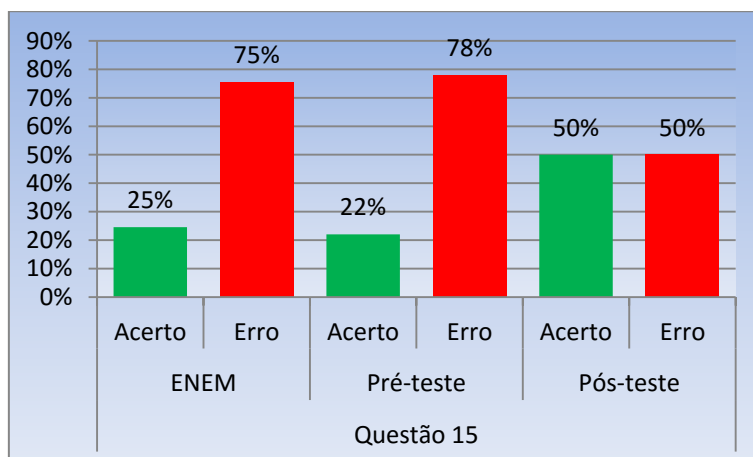
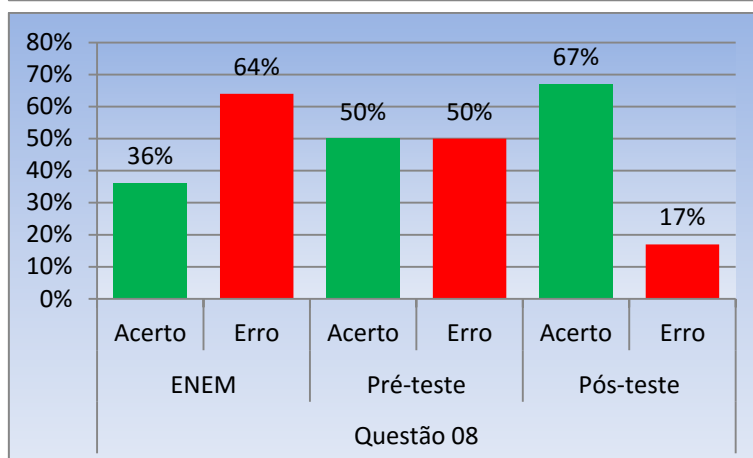
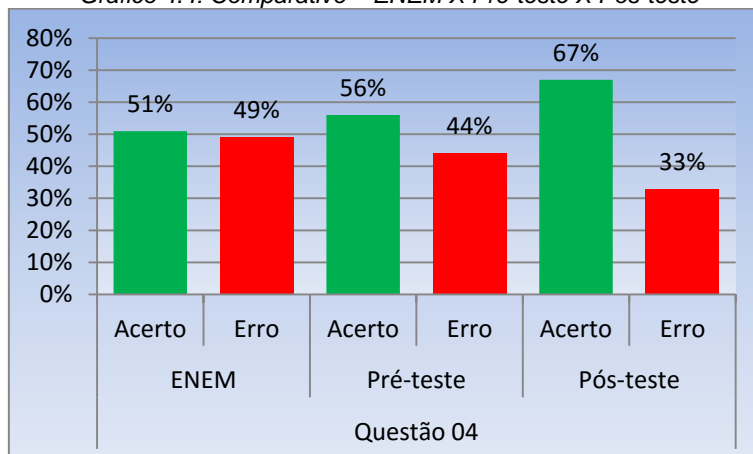
Utilizando os dados estatísticos do ENEM, obtidos no Portal<sup>31</sup> do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), comparamos os resultados obtidos pelos alunos, no pré-teste e no pós-teste, com esses dados estatísticos, devidamente filtrados para que essa comparação ocorresse apenas com dados para o estado de Sergipe. Essa comparação serviu para verificar estatisticamente como os resultados de nossos alunos se correlacionam com os alunos de Sergipe como um todo. Nesse quesito constatamos que nossos alunos apresentarem percentual de acertos superior a dos participantes do ENEM, em Sergipe, em cada uma das questões analisadas, tanto antes quanto depois da aplicação do nosso produto educacional, exceto por uma questão, em que no pré-teste os resultados foram piores. Apesar disso, no pós-teste verificamos evolução padrão de respostas corretas em média de 50%.

Os comparativos, com os percentuais de acertos e erros, para as questões de número 04, 08 e 15 se encontram no Gráfico 4.4. Escolhemos, aleatoriamente, uma questão de cada área do conhecimento para fazer a comparação.

<sup>31</sup> < <http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar> > acesso em 06 de maio de 2016.



Gráfico 4.4: Comparativo – ENEM X Pré-teste X Pós-teste



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desse trabalho é disponibilizar aos professores um produto educacional que permita medir, com possibilidades diferentes de fazê-lo, a velocidade da luz, cobrindo essa lacuna existente nos livros didáticos comumente adotados nas escolas públicas de Aracaju, capital do estado de Sergipe. Como objetivo secundário, mas também importante, aproveitamos o interesse comum apresentado pelos alunos ao discutir tópicos de Astronomia, para servir como pretexto para uma revisão, ou até mesmo como primeiro contato com conteúdos que se encontram nas ementas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Atendendo o primeiro objetivo, lançamos mão da planilha intitulada “E a luz?” que nos permite calcular a velocidade da luz de várias maneiras:

- 1) Utilizando imagens astronômicas e simulando uma observação com o Stellarium. Esse foi o procedimento que escolhemos realizar e descrever nesse trabalho por nos permitir explicar, de uma só vez, todas as possíveis etapas dos processos seguintes. Essa maneira tem a desvantagem de demandar mais tempo de aula.
- 2) Empregar o Stellarium para simular uma observação de uma ocultação de uma das luas de Júpiter quando ela estiver em oposição e por meio de uma planilha prever a data de outra ocultação, quando Júpiter estiver em conjunção. Recolhendo os dados de distância entre as posições orbitais e a diferença do tempo na ocorrência das ocultações previstas e simuladas e calcular a velocidade da luz. A desvantagem reside no aluno não ter contato algum com dados ou medições reais.
- 3) Levar os alunos a campo para fazer uma observação real com um telescópio na oposição, usar a planilha para prever a ocultação em conjunção e simular esta com o Stellarium. A desvantagem está em se dispor de um telescópio e se ter clima favorável para observar.
- 4) (Invertendo o item 3) Utilizar o Stellarium para simular a ocultação em oposição, usar a planilha para prever a ocultação em conjunção e partir para uma observação real nessa configuração planetária. A desvantagem permanece a mesma do item 3, tendo, contudo, a grande vantagem de ver a satisfação nos rostos dos alunos ao ver a física prevendo eventos astronômicos reais.
- 5) Contar com um telescópio e com condições climáticas favoráveis e fazer uma observação real em oposição, utilizar a planilha para prever a ocultação em conjunção e fazer outra observação na data e hora prevista.

Em relação ao objetivo secundário verificamos uma melhora significativa nos resultados do pós-teste em relação ao pré-teste.

Para atingir esses objetivos lançamos mão de vários recursos tecnológicos e instrucionais. Como exemplo de recursos técnicos, que produzimos e utilizamos, destacamos as info-animações em PowerPoint e as planilhas eletrônicas. Com relação aos recursos instrucionais os destaques ficam a cargo dos métodos IpC e EsM (ARAUJO e MAZUR, 2013).

Durante a aplicação do produto percebemos a necessidade de acrescentar mais uma aula no segundo encontro. Isso nos permitiria promover que os próprios alunos automatizassem as planilhas, reforçando a conexão entre os conteúdos físicos e a sua aplicação. Nos possibilitaria, também um ganho de qualidade nas atividades em grupo e nos debates que surgiram durante a aplicação do produto, especialmente no segundo encontro, visto que em vários momentos precisamos intervir interrompendo as discussões para não ultrapassarmos o tempo de execução previsto.

Como extensão desse projeto pretendemos aperfeiçoá-lo utilizando questões, no pré/pós-teste, de um mesmo grupo temático e que possuam um mesmo grau de dificuldade. Isso nos permitirá fazer comparações mais detalhadas sobre a asserção do conhecimento por parte dos alunos.

Também, como continuação dessa produção, pretendemos aumentar o número de conteúdos de física abordados, incluindo, por exemplo, temas relacionados a física moderna como à natureza da luz.

Tomando como base os resultados desse projeto, submetemos em conjunto com nosso orientador um projeto Universal do CNPq intitulado “Do Luar do Sertão às Luas de Júpiter: A Astrofísica ao alcance de todos”, com foco em pesquisa educacional que procura adaptar os conteúdos explorados nesse projeto a crianças do ensino fundamental.

Cremos que o produto educacional que desenvolvemos servirá, entre tantos outros, como um poderoso recurso, técnico e instrucional, para os professores que ministram aulas de Física em escolas de nível médio.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, CELSO. **Ciências e Didática**. Coleção como bem ensinar. Editora Voz. Petrópolis RJ – 2010.

ARAUJO, I. S. e MAZUR, E. **Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma Proposta para o Engajamento dos Alunos no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n2p362

ARROYO-TORRES, B. *et al.* **The atmospheric structure and fundamental parameters of the red supergiants ah scorpii, uy scuti, and kw sagittarii**. A&A, 2013. v. 554, p. A76. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201220920>>.

BACHELARD, GASTON (1991). **A filosofia do não. Filosofia do novo espírito científico**. Lisboa: Editorial Presença. 137p.

BARRETO, T. A. A. e ALMEIDA, G. M. A. **Astrofotografia: técnicas e aplicações**. Scientia Plena, Aracaju, v. 5, n. 11, p. 1-11, 2009.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais 3º e 4º ciclos** /Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998.

CARVALHO, ANNA MARIA P. **Física: proposta para um ensino construtivista**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1989.

CARVALHO, S. H. M. **Einstein-Uma luz sobre a luz**. [silhmc@if.usp.br](mailto:silhmc@if.usp.br). 2005. Ano Internacional de Física

\_\_\_\_\_. (2002). **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

CHARLOT, B. (2005). **Relação com o saber, formação dos professores e globalização: questões para a educação hoje**. Porto Alegre: Artmed editora.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. (2009). **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez editora.

DIAS, C.M; RITA, J.R. **Revista Latino Americana de Educação em Astronomia**, Relea, nº 6, p.55, 2008.

FESTINGER, LEON, RIECKEN, H. W. e SCHACHTER, S. (1956). **When Prophecy Fail**. Minneapolis: University of Minnesota Press.

FONTGALLAND, R. C. & MOREIRA, V. (2012). **Da empatia à compreensão empática: evolução do conceito no pensamento de Carl Rogers**. Memorandum, v. 23, p. 32-56. Recuperado em 06 de maio de 2016. <http://www.fafich.ufmg.br/memorandum/a23/fontgallandmoreira01>

FREIRE, P. (1979). **Educação e mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

FREIRE, P. (1996). **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra.

GASPAR, A; HAMBURGER, E. W. (2004). Museus e centros de ciências. In: NARDI, R. (org.). **Pesquisas em Ensino de Física**. São Paulo: Escrituras Editora.

GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. (2009). **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Editora Cortez.

GONÇALVES, AURELIO e TOSCANO, CARLOS. **Física 1: interação e tecnologia**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Leya, 2013. 288 p.

JONES, FRANCES C. (2008). **Uau! Como causar uma ótima impressão: estratégias eficientes para apresentar suas ideias, conquistar o público e melhorar sua imagem**. Trad. de Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro, Sextante, 2010.

KELLER, J. M. Development and use of the arcs model of instructional design. **Journal of instructional development**, 1987. v. 10, n. 3, p. 2-10. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02905780>>.

KOO, MINJUNG e FISHBACH, A. (2010). **"Climbing the goal ladder: How upcoming actions increase level of aspiration."**Journal of Personality and Social Psychology 99(1): 1-13. <http://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0019443>

LOPES, R. M. C. e SPENCER, J. R. **Io After Galileo: A New View of Jupiter's Volcanic Moon**. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007. 374 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: comportamentalismo, construtivismo e humanismo**. Porto Alegre. 2009.

MOREIRA, M.A e MASSONI, N. T. **Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Epistemologias do século XX**. Porto Alegre. 2009.

MURPHY, MAUREEN. (2012). **"Improving learner reaction, learning score, and knowledge retention through the chunking process in corporate training."** Denton Texas. UNT Digital Library. <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc5137/>.

SCARANO JR, S. **Manual de Utilização do Programa DS9**. 2006. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Ensino de Ferramental em Astronomia). [http://www.telescopiosnaescola.pro.br/manual\\_ds9.pdf](http://www.telescopiosnaescola.pro.br/manual_ds9.pdf)

SMALLWOOD, KARL. (2013) **Como a velocidade da luz foi medida pela primeira vez**. Disponível em < <http://gizmodo.uol.com.br/como-a-velocidade-da-luz-foi-medida-pela-primeira-vez/> > Acesso em: 06 de maio de 2016.

VIANNA, D. M. (2009). Formação cidadã para nossos alunos – Um contexto cultural para o ensino de física. In: MARTINS, A. F. P. (org). **Física ainda é cultura?** São Paulo: Editora Livraria da Física.

WEINSCHENK, SUSAN M. (2012). **Apresentações Brilhantes: 100 coisas que você precisa saber sobre as pessoas para se comunicar bem**. Trad. por Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro, Sextante, 2014.

ZIBETTI, MARCELO V. W. **Super-resolução simultânea para sequência de imagens**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

ZIMRING, FRED. **Carl Rogers**. Tradução e organização: Marco Antônio Lorieri – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.



## APÊNDICES

## 7. APÊNDICE A – Pré/Pós-teste

### Questões do Pré-teste/Pós-teste

**1. (Enem 1999)** (...) Depois de longas investigações, convenci-me por fim de que o Sol é uma estrela fixa rodeada de planetas que giram em volta dela e de que ela é o centro e a chama. Que, além dos planetas principais, há outros de segunda ordem que circulam primeiro como satélites em redor dos planetas principais e com estes em redor do Sol. (...) Não duvido de que os matemáticos sejam da minha opinião, se quiserem dar-se ao trabalho de tomar conhecimento, não superficialmente mas duma maneira aprofundada, das demonstrações que darei nesta obra. Se alguns homens ligeiros e ignorantes quiserem cometer contra mim o abuso de invocar alguns passos da Escritura (sagrada), a que torçam o sentido, desprezarei os seus ataques: as verdades matemáticas não devem ser julgadas senão por matemáticos.

(COPÉRNICO, N. De Revolutionibus Orbium Caelestium)

Aqueles que se entregam à prática sem ciência são como o navegador que embarca em um navio sem leme nem bússola. Sempre a prática deve fundamentar-se em boa teoria. Antes de fazer de um caso uma regra geral, experimente-o duas ou três vezes e verifique se as experiências produzem os mesmos efeitos. Nenhuma investigação humana pode se considerar verdadeira ciência se não passa por demonstrações matemáticas.

(VINCI, Leonardo da.Carnets)

O aspecto a ser ressaltado em ambos os textos para exemplificar o racionalismo moderno é

- a) a fé como guia das descobertas.
- b) o senso crítico para se chegar a Deus.
- c) a limitação da ciência pelos princípios bíblicos.
- d) a importância da experiência e da observação.
- e) o princípio da autoridade e da tradição.

**2. (Enem 2001)** O texto foi extraído da peça "Tróilo e Créssida" de William Shakespeare, escrita provavelmente, em 1601.

"Os próprios céus, os planetas, e este centro  
reconhecem graus, prioridade, classe,  
constância, marcha, distância, estação, forma,  
função e regularidade, sempre iguais;  
eis porque o glorioso astro Sol  
está em nobre eminência entronizado  
e centralizado no meio dos outros,  
e o seu olhar benfazejo corrige

os maus aspectos dos planetas malfazejos,  
e, qual rei que comanda, ordena  
sem entraves aos bons e aos maus."  
(personagem Ulysses, Ato I, cena III).

SHAKESPEARE, W. *Tróilo e Créssida*. Porto: Lello & Irmão, 1948.

A descrição feita pelo dramaturgo renascentista inglês se aproxima da teoria

- a) geocêntrica do grego Claudius Ptolomeu.
- b) da reflexão da luz do árabe Alhazen.
- c) heliocêntrica do polonês Nicolau Copérnico.
- d) da rotação terrestre do italiano Galileu Galilei.
- e) da gravitação universal do inglês Isaac Newton.

**3. (Enem PPL 2013)** Conta-se que um curioso incidente aconteceu durante a Primeira Guerra Mundial. Quando voava a uma altitude de dois mil metros, um piloto francês viu o que acreditava ser uma mosca parada perto de sua face. Apanhando-a rapidamente, ficou surpreso ao verificar que se tratava de um projétil alemão.

PERELMAN, J. *Aprenda física brincando*. São Paulo: Hemus, 1970.

O piloto consegue apanhar o projétil, pois

- a) ele foi disparado em direção ao avião francês, freado pelo ar e parou justamente na frente do piloto.
- b) o avião se movia no mesmo sentido que o dele, com velocidade visivelmente superior.
- c) ele foi disparado para cima com velocidade constante, no instante em que o avião francês passou.
- d) o avião se movia no sentido oposto ao dele, com velocidade de mesmo valor.
- e) o avião se movia no mesmo sentido que o dele, com velocidade de mesmo valor.

**4. (Enem 2012)** Uma empresa de transportes precisa efetuar a entrega de uma encomenda o mais breve possível. Para tanto, a equipe de logística analisa o trajeto desde a empresa até o local da entrega. Ela verifica que o trajeto apresenta dois trechos de distâncias diferentes e velocidades máximas permitidas diferentes. No primeiro trecho, a velocidade máxima permitida é de 80 km/h e a distância a ser percorrida é de 80 km. No segundo trecho, cujo comprimento vale 60 km, a velocidade máxima permitida é 120 km/h.

Supondo que as condições de trânsito sejam favoráveis para que o veículo da empresa ande continuamente na velocidade máxima permitida, qual será o tempo necessário, em horas, para a realização da entrega?

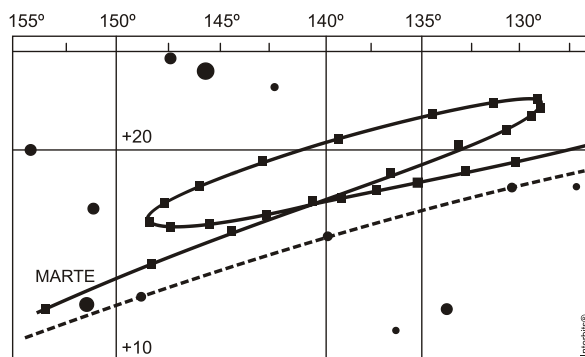
- a) 0,7
- b) 1,4
- c) 1,5
- d) 2,0
- e) 3,0

5. **(Enem PPL 2012)** Em 1543, Nicolau Copérnico publicou um livro revolucionário em que propunha a Terra girando em torno do seu próprio eixo e rodando em torno do Sol. Isso contraria a concepção aristotélica, que acredita que a Terra é o centro do universo. Para os aristotélicos, se a Terra gira do oeste para o leste, coisas como nuvens e pássaros, que não estão presas à Terra, pareceriam estar sempre se movendo do leste para o oeste, justamente como o Sol. Mas foi Galileu Galilei que, em 1632, baseando-se em experiências, rebateu a crítica aristotélica, confirmando assim o sistema de Copérnico. Seu argumento, adaptado para a nossa época, é se uma pessoa, dentro de um vagão de trem em repouso, solta uma bola, ela cai junto a seus pés. Mas se o vagão estiver se movendo com velocidade constante, a bola também cai junto a seus pés. Isto porque a bola, enquanto cai, continua a compartilhar do movimento do vagão.

O princípio físico usado por Galileu para rebater o argumento aristotélico foi

- a) a lei da inércia.
- b) ação e reação.
- c) a segunda lei de Newton.
- d) a conservação da energia.
- e) o princípio da equivalência.

6. **(Enem 2012)** A característica que permite identificar um planeta no céu é o seu movimento relativo às estrelas fixas. Se observarmos a posição de um planeta por vários dias, verificaremos que sua posição em relação às estrelas fixas se modifica regularmente. A figura destaca o movimento de Marte observado em intervalos de 10 dias, registrado da Terra.



*Projecto Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980 (adaptado).*

Qual a causa da forma da trajetória do planeta Marte registrada na figura?

- a) A maior velocidade orbital da Terra faz com que, em certas épocas, ela ultrapasse Marte.

- b) A presença de outras estrelas faz com que sua trajetória seja desviada por meio da atração gravitacional.
- c) A órbita de Marte, em torno do Sol, possui uma forma elíptica mais acentuada que a dos demais planetas.
- d) A atração gravitacional entre a Terra e Marte faz com que este planeta apresente uma órbita irregular em torno do Sol.
- e) A proximidade de Marte com Júpiter, em algumas épocas do ano, faz com que a atração gravitacional de Júpiter interfira em seu movimento.

7. **(Enem 2000)** A tabela abaixo resume alguns dados importantes sobre os satélites de Júpiter. Ao observar os satélites de Júpiter pela primeira vez, Galileu Galilei fez diversas anotações e tirou importantes conclusões sobre a estrutura de nosso universo. A figura abaixo da tabela reproduz uma anotação de Galileu referente a Júpiter e seus satélites.

Nome	Diâmetro (km)	Distância média ao centro de Júpiter (km)	Período orbital (dias terrestres)
Io	3.642	421.800	1,8
Europa	3.138	670.900	3,6
Ganimesdes	5.262	1.070.000	7,2
Calisto	4.800	1.880.000	16,7

De acordo com essa representação e com os dados da tabela, os pontos indicados por 1, 2, 3 e 4 correspondem, respectivamente, a:

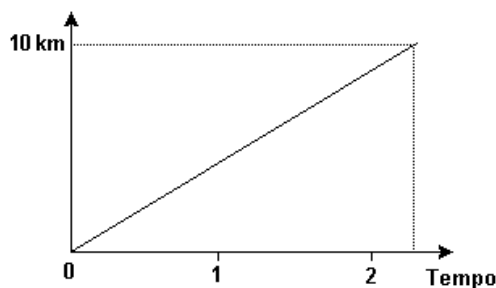
- a) Io, Europa, Ganimesdes e Calisto.
- b) Ganimesdes, Io, Europa e Calisto.
- c) Europa, Calisto, Ganimesdes e Io.
- d) Calisto, Ganimesdes, Io e Europa.
- e) Calisto, Io, Europa e Ganimesdes.

8. **(Enem 2009)** Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d. C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de maneira razoável os problemas astronômicos de sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

- a) Ptolomeu apresentou as idéias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- b) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.
- c) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.
- d) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.
- e) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

9. **(Enem 2008)** O gráfico a seguir modela a distância percorrida, em km, por uma pessoa em certo período de tempo. A escala de tempo a ser adotada para o eixo das abscissas depende da maneira como essa pessoa se desloca.



Qual é a opção que apresenta a melhor associação entre meio ou forma de locomoção e unidade de tempo, quando são percorridos 10 km?

- a) carroça - semana
- b) carro - dia
- c) caminhada - hora
- d) bicicleta - minuto
- e) avião - segundo

10. **(Enem 2001)**

SEU OLHAR  
(Gilberto Gil, 1984)  
Na eternidade  
Eu quisera ter  
Tantos anos-luz  
Quanto fosse precisar  
Pra cruzar o túnel  
Do tempo do seu olhar

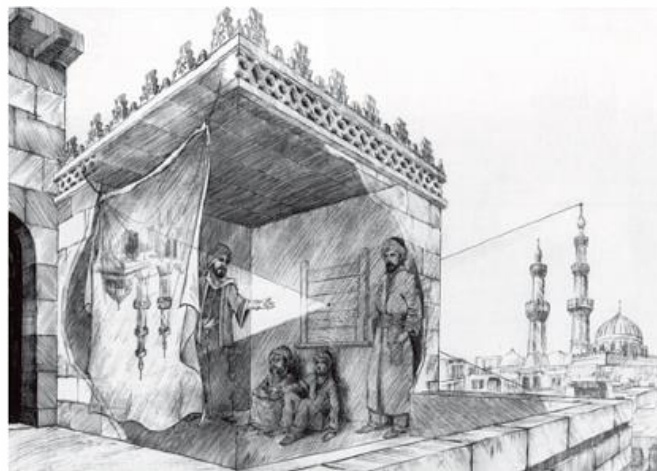
Gilberto Gil usa na letra da música a palavra composta ANOS-LUZ. O sentido prático, em geral, não é obrigatoriamente o mesmo que na ciência. Na Física, um ano



luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano e que, portanto, se refere a

- a) tempo.
- b) aceleração.
- c) distância.
- d) velocidade.
- e) luminosidade.

11. **(Enem 2015)** Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham: 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o *Livro da Óptica*, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em tecido utilizado como anteparo.



Zewail, A. H. Micrographia of twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010 (adaptado)

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

- a) íris
- b) retina
- c) pupila
- d) córnea
- e) cristalino

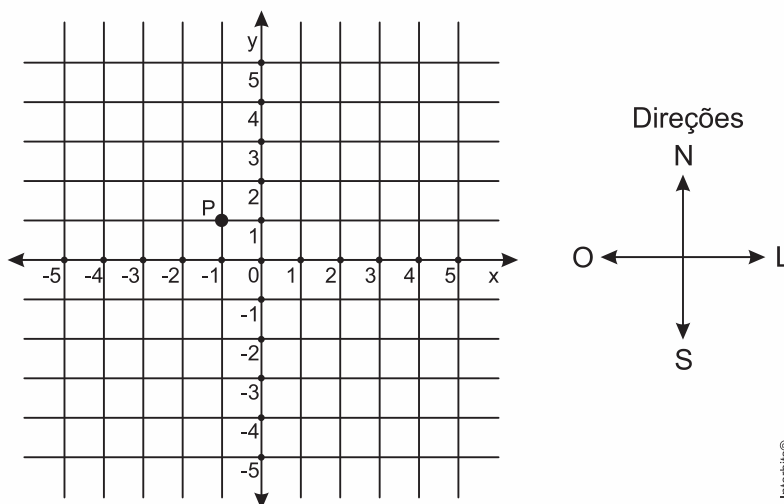
12. **(Enem 2010)** A disparidade de volume entre os planetas é tão grande que seria possível colocá-los uns dentro dos outros. O planeta Mercúrio é o menor de todos. Marte é o segundo menor: dentro dele cabem três Mercúrios. Terra é o único com vida: dentro dela cabem sete Martes. Netuno é o quarto maior: dentro dele cabem 58 Terras. Júpiter é o maior dos planetas: dentro dele cabem 23 Netunos.

*Revista Veja*. Ano 41, nº. 26, 25 jun. 2008 (adaptado)

Seguindo o raciocínio proposto, quantas Terras cabem dentro de Júpiter?

- a) 406
- b) 1 334
- c) 4 002
- d) 9 338
- e) 28 014

13. **(Enem PPL 2014)** Alunos de um curso de engenharia desenvolveram um robô “anfíbio” que executa saltos somente nas direções norte, sul, leste e oeste. Um dos alunos representou a posição inicial desse robô, no plano cartesiano, pela letra P, na ilustração.



A direção norte-sul é a mesma do eixo y, sendo que o sentido norte é o sentido de crescimento de Y, e a direção Leste-Oeste é a mesma do eixo X, sendo que o sentido leste é o sentido de crescimento de X.

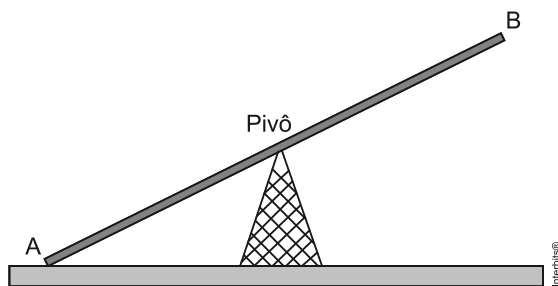
Em seguida, esse aluno deu os seguintes comandos de movimentação para o robô: 4 norte, 2 leste e 3 sul, nos quais os coeficientes numéricos representam o número de saltos do robô nas direções correspondentes, e cada salto corresponde a uma unidade do plano cartesiano.

Depois de realizar os comandos dados pelo aluno, a posição do robô, no plano cartesiano, será



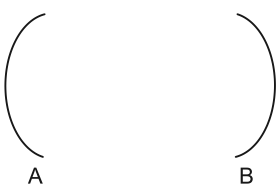


- a) (0;2).
- b) (0;3).
- c) (1;2).
- d) (1;4).
- e) (2;1).

14. **(Enem 2013)** Gangorra é um brinquedo que consiste de uma tábua longa e estreita equilibrada e fixada no seu ponto central (pivô). Nesse brinquedo, duas pessoas sentam-se nas extremidades e, alternadamente, impulsionam-se para cima, fazendo descer a extremidade oposta, realizando, assim, o movimento da gangorra.

Considere a gangorra representada na figura, em que os pontos A e B são equidistantes do pivô:



A projeção ortogonal da trajetória dos pontos A e B, sobre o plano do chão da gangorra, quando esta se encontra em movimento, é:

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) 

15. **(Enem 2012)** O globo da morte é uma atração muito usada em circos. Ele consiste em uma espécie de jaula em forma de uma superfície esférica feita de aço, onde motoqueiros andam com suas motos por dentro. A seguir, tem-se, na Figura 1, uma foto de um globo da morte e, na Figura 2, uma esfera que ilustra um globo da morte.

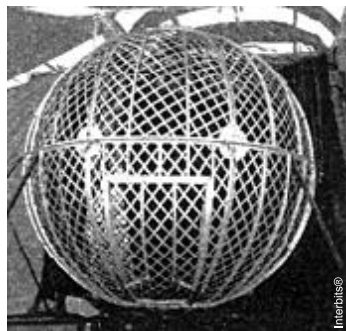


Figura 1

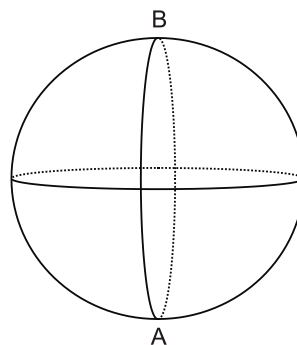
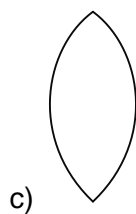
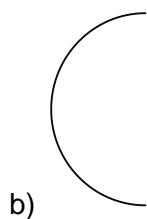
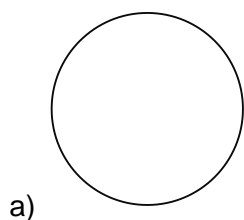


Figura 2

Na Figura 2, o ponto A está no plano do chão onde está colocado o globo da morte e o segmento AB passa pelo centro da esfera e é perpendicular ao plano do chão. Suponha que há um foco de luz direcionado para o chão colocado no ponto B e que um motoqueiro faça um trajeto dentro da esfera, percorrendo uma circunferência que passa pelos pontos A e B.

Disponível em: [www.baixaki.com.br](http://www.baixaki.com.br). Acesso em: 29 fev. 2012.

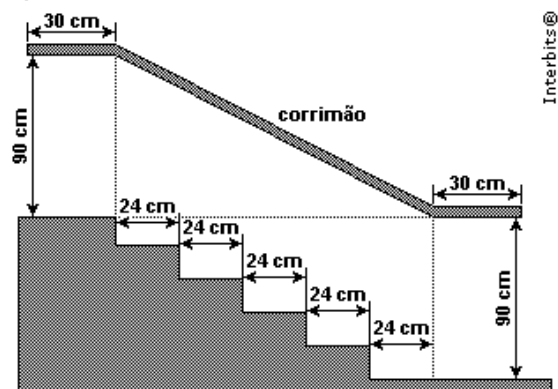
A imagem do trajeto feito pelo motoqueiro no plano do chão é melhor representada por



e)

Interbits®

## 16. (Enem 2006)



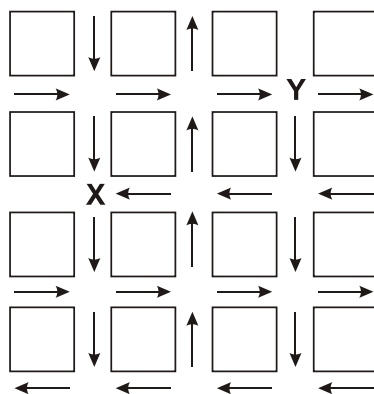
Na figura acima, que representa o projeto de uma escada com 5 degraus de mesma altura, o comprimento total do corrimão é igual a

- a) 1,8 m
- b) 1,9 m
- c) 2,0 m
- d) 2,1 m
- e) 2,2 m

17. (Enem 2009) O mapa a seguir representa um bairro de determinada cidade, no qual as flechas indicam o sentido das mãos do tráfego.

Sabe-se que esse bairro foi planejado e que cada quadra representada na figura é um terreno quadrado, de lado igual a 200 metros.

Desconsiderando-se a largura das ruas, qual seria o tempo, em minutos, que um ônibus, em velocidade constante e igual a 40 km/h, partindo do ponto X, demoraria para chegar até o ponto Y?



- a) 25 min.
- b) 15 min.
- c) 2,5 min.
- d) 1,5 min.
- e) 0,15 min.

18. **(Enem cancelado 2009)** Os calendários usados pelos diferentes povos da Terra são muito variados. O **calendário islâmico**, por exemplo, é lunar, e nele cada mês tem sincronia com a fase da lua. O **calendário maia** segue o ciclo de Vênus, com cerca de 584 dias, e cada 5 ciclos de Vênus corresponde a 8 anos de 365 dias da Terra. MATSUURA, Oscar. *Calendários e o fluxo do tempo*. Scientific American Brasil. Disponível em: <http://www.uol.com.br>. Acesso em: 14 out. 2008 (adaptado).

Quantos ciclos teria, em Vênus, um período terrestre de 48 anos?

- a) 30 ciclos.
- b) 40 ciclos.
- c) 73 ciclos.
- d) 240 ciclos.
- e) 384 ciclos

19. **(Enem cancelado 2009)** No calendário utilizado atualmente, os anos são numerados em uma escala sem o zero, isto é, não existe o ano zero. A era cristã se inicia no ano 1 depois de Cristo (d.C.) e designa-se o ano anterior a esse como ano 1 antes de Cristo (a.C.). Por essa razão, o primeiro século ou intervalo de 100 anos da era cristã terminou no dia 31 de dezembro do ano 100 d.C., quando haviam decorrido os primeiros 100 anos após o início da era. O século II começou no dia 1 de janeiro do ano 101 d.C., e assim sucessivamente.

Como não existe o ano zero, o intervalo entre os anos 50 a.C. e 50 d.C., por exemplo, é de 100 anos. Outra forma de representar anos é utilizando-se números inteiros, como fazem os astrônomos. Para eles, o ano 1 a.C. corresponde ao ano 0, o ano 2 a.C. ao ano -1, e assim sucessivamente. Os anos depois de Cristo são representados pelos números inteiros positivos, fazendo corresponder o número 1 ao ano 1 d.C.

Considerando o intervalo de 3 a.C. a 2 d.C., o quadro que relaciona as duas contagens descritas no texto é:

a)

Calendário Atual	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
Cômputo dos astrônomos	1				



b)

<b>Calendário Atual</b>	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
<b>Cômputo dos astrônomos</b>	2	1			

c)

<b>Calendário Atual</b>	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
<b>Cômputo dos astrônomos</b>	2	1			

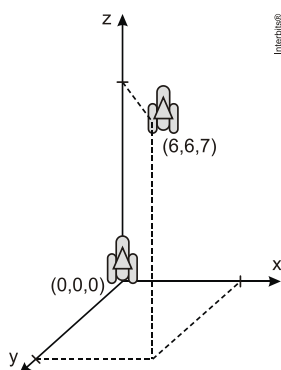
d)

<b>Calendário Atual</b>	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
<b>Cômputo dos astrônomos</b>	3	2	1		

e)

<b>Calendário Atual</b>	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
<b>Cômputo dos astrônomos</b>	3	2	1		

20. (Enem 2ª aplicação 2010) Um foguete foi lançado do marco zero de uma estação e após alguns segundos atingiu a posição (6, 6, 7) no espaço, conforme mostra a figura. As distâncias são medidas em quilômetros.



Considerando que o foguete continuou sua trajetória, mas se deslocou 2 km para frente na direção do eixo-x, 3 km para trás na direção do eixo-y, e 11 km para frente, na direção do eixo-z, então o foguete atingiu a posição

- a) (17, 3, 9).
- b) (8, 3, 18).
- c) (6, 18, 3).
- d) (4, 9, - 4).
- e) (3, 8, 18).

## 8. APÊNDICE B – Texto de Apoio

Texto de apoio – Retirado do Livro Didático Adotado no Colégio: Física 1, Interação e Tecnologia, de Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. Ed. Leya.

### AS ESTRELAS FIXAS ESTÃO EM MOVIMENTO?

Numa noite de inverno, procure no céu as estrelas do Cruzeiro do Sul. Duas horas depois, volte para a mesma posição em que você observou o céu e torne a procurar as estrelas. Elas estão em repouso ou em movimento?



Figura 24: O Cruzeiro do Sul é uma constelação do hemisfério celestial sul formada por cinco estrelas que pode ser vista facilmente, pois a disposição dessas estrelas forma uma cruz.

Observações desse tipo nos permitem concluir que a posição das estrelas em relação a um observador varia com o passar do tempo. Também é interessante perceber que as estrelas não se movem umas em relação às outras, sendo por isso chamadas **estrelas fixas**. Isso significa que uma estrela se move em relação a um observador ou a um objeto qualquer na Terra, mas está em repouso em relação às demais estrelas do céu.

Portanto, o estado de repouso ou de movimento de um objeto depende de quem o está observando, isto é, do **referencial** adotado. Normalmente essa pergunta não é feita, tanto que não causam estranheza frases do tipo: “A Terra se move”.

Será que em relação a você, aí sentado, lendo este texto, a Terra está em movimento? E em relação ao Sol? A **trajetória** de um objeto também depende do referencial? Será que a Terra tem a mesma trajetória para alguém que a observa da Lua, de Marte ou de um satélite?

Para responder a essas perguntas, faça o seguinte experimento: dentro de um ônibus ou trem, deixe cair uma moeda num momento em que o veículo mantém sua velocidade (módulo, direção e sentido) constante. Qual é a trajetória da moeda em relação a você, que está dentro do veículo?

Se alguém fora do veículo, parado sobre a calçada, pudesse ver a queda da moeda, que trajetória observaria?

Para um referencial dentro do veículo, a moeda cai descrevendo uma trajetória retilínea, mas para um observador fora do veículo, a trajetória da moeda é curvilínea (figura 25). É possível então concluir que os conceitos de **trajetória, movimento e repouso** são relativos, isto é, **dependem do referencial adotado**.

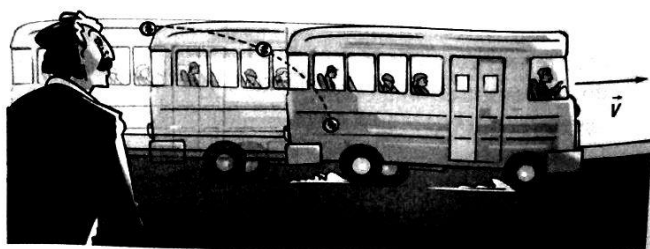


Figura 25

Consideremos agora um barco que se move em um lago com uma certa velocidade em relação à água (figura 26a). Essa será também a velocidade do barco em relação à Terra. Se o barco, porém, estiver navegando a favor da correnteza de um rio, ele se deslocará com uma velocidade resultante que é a soma vetorial de sua velocidade em relação às águas e a velocidade da correnteza (figura 26b). Temos então uma **composição de velocidades** ou uma **velocidade resultante**. Também é preciso compor velocidades quando se quer a velocidade resultante (em relação à Terra) de um passageiro que caminha dentro de um trem em movimento ou de um avião que voa quando há vento.

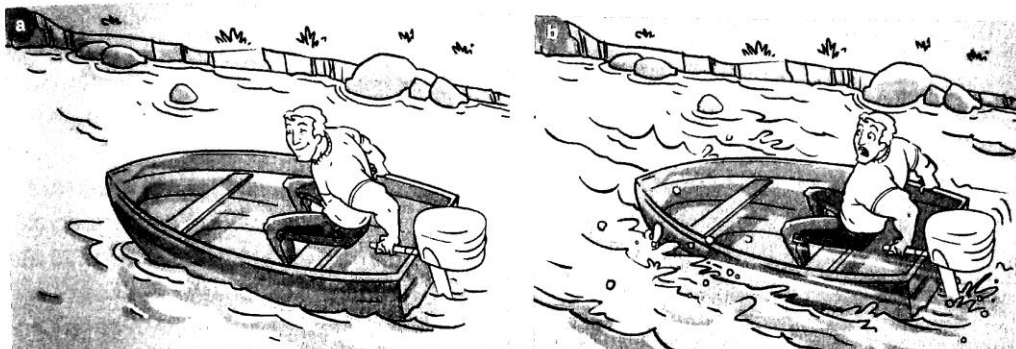


Figura 26

De modo geral, quando não se explicita o referencial utilizado para medir a velocidade de um objeto, considera-se o planeta Terra como referencial.

### QUESTÕES

- 1 As estrelas estão em repouso ou em movimento?
- 2 Um avião de guerra com velocidade (módulo, direção e sentido) constante voando horizontalmente a uma certa altitude larga uma bomba. Desprezando-se a resistência do ar sobre ela, qual é a trajetória da bomba para um observador:
  - a) parado no solo?
  - b) viajando no próprio avião?
- 3 Você está sentado num trem que se desloca momentaneamente com módulo de velocidade constante de 100 km/h em relação à Terra e em linha reta. Considere uma pessoa que caminha dentro do trem com módulo de velocidade constante de 10 km/h em relação ao trem e na mesma direção da velocidade dele. Se essa pessoa caminha:
  - a) no mesmo sentido do trem, qual é a velocidade dela em relação a você?
  - b) no mesmo sentido do trem, qual é a velocidade dela em relação a alguém parado à margem dos trilhos?
  - c) em sentido oposto ao do item b, qual é a velocidade dela em relação a alguém parado à margem dos trilhos?

## 9. APÊNDICE C – Questionário de Apoio

### Questionário de Apoio

1. **(Enem PPL 2013)** O cometa Halley orbita o Sol numa trajetória elíptica periódica. Ele foi observado da Terra nos anos de 1836 e 1911. Sua última aparição foi em 1986 e sua próxima aparição será em 2061. Qual é o ano da segunda aparição do cometa anterior ao ano de 2012?

- a) 1836
- b) 1862
- c) 1911
- d) 1937
- e) 1986

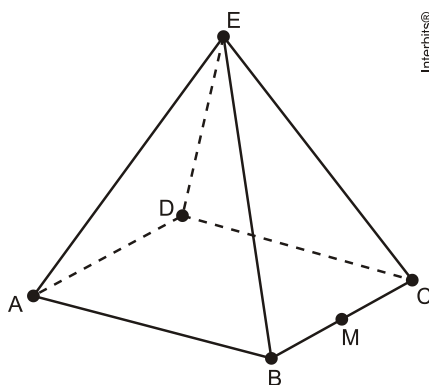
2. **(Enem 2013)** O ciclo de atividade magnética do Sol tem um período de 11 anos. O início do primeiro ciclo registrado se deu no começo de 1755 e se estendeu até o final de 1765. Desde então, todos os ciclos de atividade magnética do Sol têm sido registrados.

*Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso em: 27 fev. 2013.*

No ano de 2101, o Sol estará no ciclo de atividade magnética de número

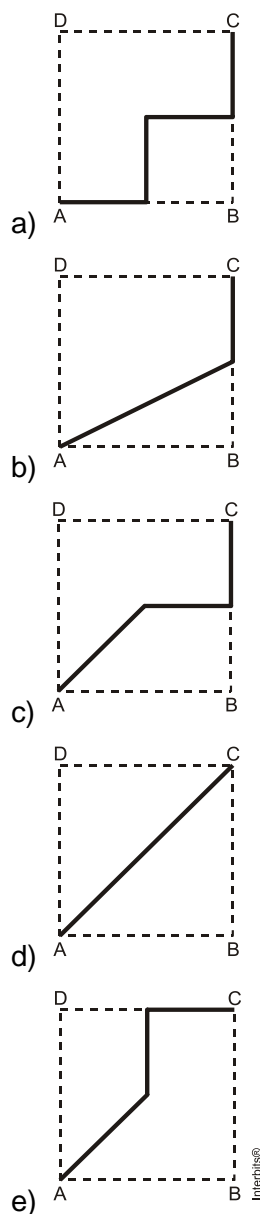
- a) 32.
- b) 34.
- c) 33.
- d) 35.
- e) 31.

3. **(Enem 2012)** João propôs um desafio a Bruno, seu colega de classe: ele iria descrever um deslocamento pela pirâmide a seguir e Bruno deveria desenhar a projeção desse deslocamento no plano da base da pirâmide.



O deslocamento descrito por João foi: mova-se pela pirâmide, sempre em linha reta, do ponto A ao ponto E, a seguir do ponto E ao ponto M, e depois de M a C.

O desenho que Bruno deve fazer é



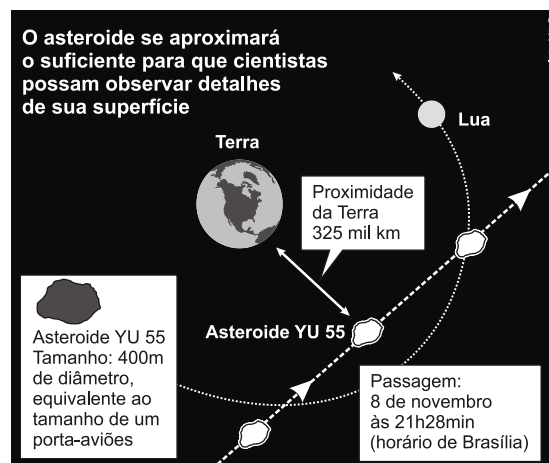
4. **(Enem cancelado 2009)** Uma fotografia tirada em uma câmera digital é formada por um grande número de pontos, denominados pixels. Comercialmente, a resolução de uma câmera digital é especificada indicando os milhões de pixels, ou seja, os megapixels de que são constituídas as suas fotos.

Ao se imprimir uma foto digital em papel fotográfico, esses pontos devem ser pequenos para que não sejam distinguíveis a olho nu. A resolução de uma impressora é indicada pelo termo dpi (*dot per inch*), que é a quantidade de pontos que serão impressos em uma linha com uma polegada de comprimento. Uma foto impressa com 300 dpi, que corresponde a cerca de 120 pontos por centímetro, terá boa qualidade visual, já que os pontos serão tão pequenos, que o olho não será capaz de vê-los separados e passará a ver um padrão contínuo.

Para se imprimir uma foto retangular de 15 cm por 20 cm, com resolução de pelo menos 300 dpi, qual é o valor aproximado de megapixels que a foto terá?

- a) 1,00 megapixel.
- b) 2,52 megapixels.
- c) 2,70 megapixels.
- d) 3,15 megapixels.
- e) 4,32 megapixels.

5. **(Enem 2012)** A Agência Espacial Norte Americana (NASA) informou que o asteroide YU 55 cruzou o espaço entre a Terra e a Lua no mês de novembro de 2011. A ilustração a seguir sugere que o asteroide percorreu sua trajetória no mesmo plano que contém a órbita descrita pela Lua em torno da Terra. Na figura, está indicada a proximidade do asteroide em relação à Terra, ou seja, a menor distância que ele passou da superfície terrestre.



Fonte: NASA

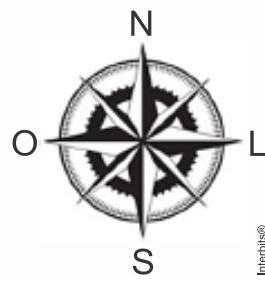
Disponível em: <http://noticias.terra.com.br> (adaptado).

Com base nessas informações, a menor distância que o asteroide YU 55 passou da superfície da Terra é igual a:

- a)  $3,25 \times 10^2$  km.
- b)  $3,25 \times 10^3$  km.
- c)  $3,25 \times 10^4$  km.
- d)  $3,25 \times 10^5$  km.
- e)  $3,25 \times 10^6$  km.

6. **(ifpe 2016)** Francisco decidiu fazer uma brincadeira com seus filhos. Montou um mapa do tesouro com algumas instruções e disse-lhes que, ao chegar ao ponto final, encontrariam um belo prêmio. As instruções foram:

1. ande 200 metros na direção NORTE;
2. ande 120 metros na direção LESTE;
3. ande 50 metros na direção SUL;
4. ande 40 metros na direção OESTE.



Luiz, um de seus filhos, decidiu colocar em prática o que acabara de aprender na escola. Em alguns minutos, ele descobriu qual seria a menor distância entre o ponto de partida e o ponto de chegada mostrado no mapa. Assim sendo, a distância calculada por Luiz foi de:

- a) 170 metros.
- b) 150 metros.
- c) 180 metros.
- d) 200 metros.
- e) 210 metros.



## 10. APÊNDICE D – Gabarito Comentado – Questões de Apoio

### Gabarito Comentado – Questões de Apoio

#### Resposta da questão 1:

[C]

$$2061 - 1986 = 75 \text{ anos}$$

$$1836 + 75 = 1911.$$

#### Resposta da questão 2:

[A]

A duração de cada ciclo é igual a  $1765 - 1755 + 1 = 11$  anos. Como de 1755 a 2101 se passaram  $2101 - 1755 + 1 = 347$  anos e  $347 = 11 \cdot 31 + 6$ , segue-se que em 2101 o Sol estará no ciclo de atividade magnética de número 32.

#### Resposta da questão 3:

[C]

Supondo que a pirâmide é regular, temos que a projeção ortogonal do deslocamento no plano da base da pirâmide está corretamente descrita na figura da alternativa [C].

#### Resposta da questão 4:

[E]

$$12 \cdot 120 = 1800 \text{ pontos}$$

$$20 \cdot 120 = 2400 \text{ pontos}$$

No retângulo todo  $1800 \cdot 2400 = 4320000 = 4,32 \cdot 10^6$  pixels ou seja 4,32 megapixels

#### Resposta da questão 5:

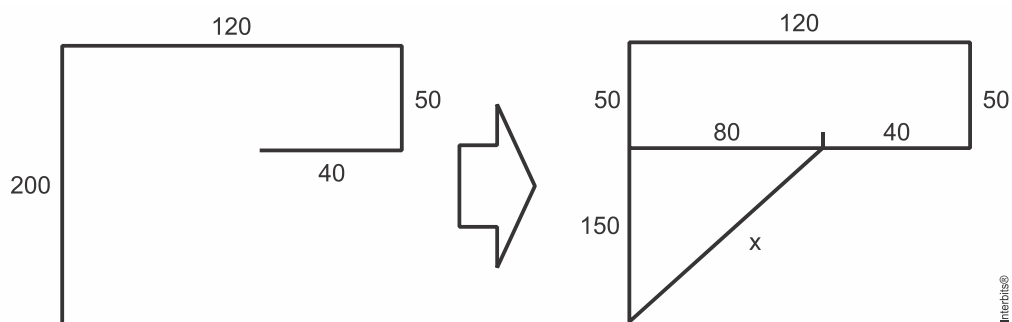
[D]

Utilizando a ideia de notação científica, temos:

$$325 \text{ mil km} = 325 \cdot 10^3 \text{ km} = 3,25 \cdot 10^2 \cdot 10^3 = 3,25 \cdot 10^5 \text{ km}.$$

#### Resposta da questão 6:

[A]



Aplicando Teorema de Pitágoras, temos:

$$x^2 = 150^2 + 80^2$$

$$x^2 = 22500 + 6400$$

$$x = \sqrt{28900}$$

$$x = 170 \text{ m}$$

## 11. APÊNDICE E – Gabarito Comentado – Pré/Pós-teste

### Gráficos Comentado – Pré-teste / Pós-teste

#### Resposta da questão 1:

[D]

A experiência ou experimentação é o estudo dos fenômenos em condições que foram determinadas pelo observador e sua importância está no oferecimento de condições privilegiadas para a observação, podendo assim, repetir e variar as experiências, tornar mais rápido ou mais lento os fenômenos e até simplificá-los. No geral a experimentação confirma a hipótese, porém quando isto não ocorre, precisam repeti-la ou modificá-la.

A observação científica é rigorosa, precisa, metódica e, portanto, orientada para a explicação dos fatos e para isto, se utilizam de microscópio, telescópio, sismógrafo, balança, termômetro, entre outros instrumentam que proporcionam maior rigor à observação bem como a tornam mais objetiva porque quantificam o que está sendo observado.

#### Resposta da questão 2:

[C]

Shakespeare é um autor da época do renascimento cultural e foi influenciado pelas descobertas científicas da época. O texto enfatiza a importância do sol, entronizado (colocado no trono) e, portanto, equivalente a um rei em meio a outros astros. O heliocentrismo foi uma importante teoria do renascimento, defendida por Copérnico, que chocou-se com as teses da Igreja, predominantes até então, que defendiam a Terra como centro do universo (geocentrismo).

#### Resposta da questão 3:

[E]

A velocidade do projétil em relação ao piloto era nula porque seus movimentos tinham mesmo sentido, com velocidades de mesmo módulo.

#### Resposta da questão 4:

[C]

Dados:  $\Delta S_1 = 80 \text{ km}$ ;  $v_1 = 80 \text{ km/h}$ ;  $\Delta S_2 = 60 \text{ km}$ ;  $v_2 = 120 \text{ km/h}$ .

O tempo total é soma dos dois tempos parciais:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S_1}{v_1} + \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{80}{80} + \frac{60}{120} = 1 + 0,5 \Rightarrow$$

$$\Delta t = 1,5 \text{ h.}$$

#### Resposta da questão 5:

[A]

A lei de inércia afirma que um corpo tende sempre a manter seu estado de movimento ou de repouso. Manterá se a resultante das forças sobre ele for nula. No caso da bola solta dentro do vagão, a resultante das forças horizontais é nula, então, por inércia, ela mantém a componente horizontal de sua velocidade, caindo junto aos pés da pessoa.

**Resposta da questão 6:**

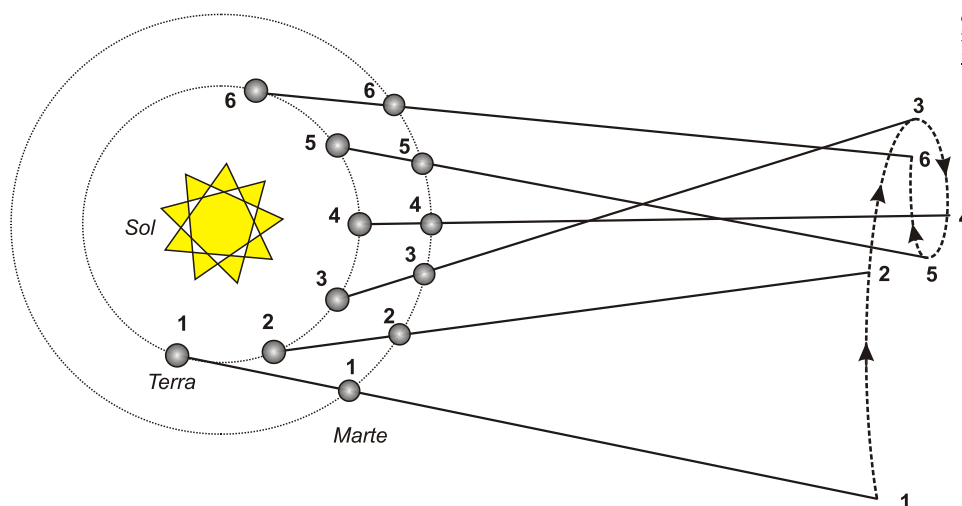
[A]

Considerando órbitas circulares, a força gravitacional age como resultante centrípeta. Sendo  $m$  a massa do planeta,  $M$  a massa do Sol e  $r$  o raio da órbita do planeta:

$$F_{R_{\text{cent}}} = F_{\text{grav}} \Rightarrow \frac{m v^2}{r} = \frac{G M m}{r^2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{G M}{r}}.$$

Essa expressão final mostra que a velocidade orbital é inversamente proporcional à raiz quadrada do raio da órbita. Como a Terra está mais próxima do Sol que Marte, sua velocidade orbital é maior, possuindo, em consequência, também maior velocidade angular e menor período.



A figura mostra seis posições da Terra e as seis correspondentes posições de Marte, bem como a trajetória de Marte para um observador situado na Terra. Os intervalos de tempo entre duas posições consecutivas são, aproximadamente, iguais. Note que devido à maior velocidade orbital da Terra, da posição 1 até a 3, Marte parece avançar, de 3 a 5 ele parece regredir, tornando a avançar de 5 a 6. Aliás, esse fenômeno foi um dos grandes argumentos para que o heliocentrismo de Copérnico superasse o geocentrismo de Ptolomeu.

**Resposta da questão 7:**

[C]

**Resposta da questão 8:**

[E]

O matemático alemão Johannes Kepler descobriu que os planetas gravitam em torno do Sol em órbitas elípticas. O período orbital de cada planeta está matematicamente associado à distância média que o separa do Sol.

A alternativa [A] é falsa. A astronomia como as demais ciências avançam superando algumas ideias mais tradicionais, mudando paradigmas para alcançar estágios mais desenvolvidos.

A alternativa [B] é falsa. O sacerdote e astrônomo polonês Nicolau Copérnico viveu bem antes (séculos XV e XVI) dos Luíses de França (século XVIII).

A alternativa [C] é falsa. Nicolau Copérnico (1473 – 1543) viveu num período onde certas formas de pensamento consideradas muito hereges pela igreja eram perseguidas e seus elaboradores condenados.

A alternativa [D] é falsa. Kepler viveu entre os séculos XVI e XVII e suas pesquisas astronômicas ocorreram num período pré-capitalista anterior à expansão econômica alemã que só irá acontecer no século XIX.

#### **Resposta da questão 9:**

[C]

Uma carroça pode se locomover como uma pessoa andando, 3 km/h ou 4 km/h. Neste caso 10 km são percorridos em menos de 4 horas e não em uma semana.

Um carro pode se locomover a 60 km/h ou mais. A 60 km/h a distância de 10 km é realizada em 10 minutos e não em um dia.

Uma caminhada a 4 km/h precisa de 2 horas e meia para 10 km. E desta forma o diagrama é compatível com esta situação.

Para uma bicicleta realizar 10 km em 2,5 minutos sua velocidade deveria ser de 4 km/min = 240 km/h. Fórmula 1 tudo bem, bicicleta não.

10 km em 2,5 segundos corresponde a 4 km/s = 14400 km/h. Um avião comercial viaja próximo de 1000 km/h.

#### **Resposta da questão 10:**

[C]

Ano luz é a distância percorrida pela luz em um ano.

#### **Resposta da questão 11:**

[B]

A estrutura do olho análoga à imagem invertida utilizada na figura é a retina. Quando a imagem é formada na retina, esta é reduzida e invertida. Ao chegar ao córtex cerebral, ela é processada.

#### **Resposta da questão 12:**

[B]

Basta fazer  $23 \times 58 = 1334$ .

#### **Resposta da questão 13:**

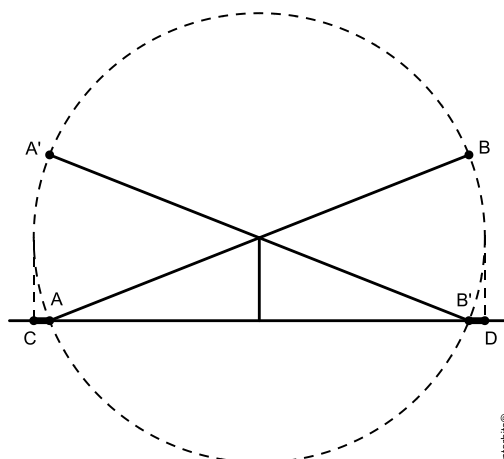
[C]

Tem-se que  $P = (-1, 1)$ . Portanto, após realizar os comandos dados pelo aluno, a posição do robô, no plano cartesiano, será  $(-1+2, 1+4-3) = (1, 2)$ .

#### **Resposta da questão 14:**

[B]

Considere a figura.

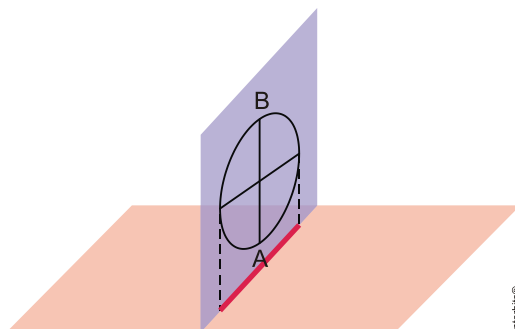


De acordo com a figura, segue que a projeção ortogonal da trajetória dos pontos A e B, sobre o plano do chão da gangorra, corresponde aos segmentos AC e B'D.

#### Resposta da questão 15:

[E]

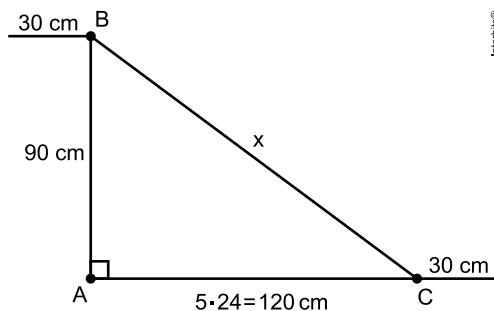
O plano que contém o trajeto do motociclista é perpendicular ao plano do chão, portanto a projeção ortogonal do trajeto do motociclista no plano do chão é um segmento de reta.



#### Resposta da questão 16:

[D]

Considere a figura, em que  $\overline{BC} = x$ .



Aplicando o Teorema de Pitágoras no triângulo ABC, obtemos

$$x^2 = 90^2 + 120^2 \Rightarrow x = \sqrt{22500} = 150\text{cm} = 1,5\text{ m.}$$

Portanto, o comprimento total do corrimão é  $1,5 + 2 \cdot 0,3 = 2,1\text{m}$ .

**Resposta da questão 17:**

[D]

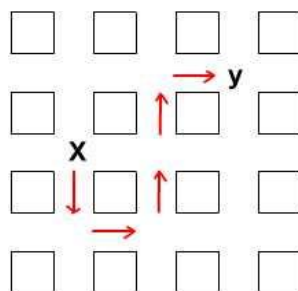
O caminho do ônibus está destacado ao lado;

$$5.200 = 1\text{km.}$$

$$1\text{h} \text{ ----- } 40\text{km}$$

$$x \text{ ----- } 1\text{km}$$

$$\text{logo } x = 0,025\text{horas} = 1,5 \text{ minutos}$$



**Resposta da questão 18:**

[A]

$$5 \text{ ciclos de Vênus} \text{ ----- } 8 \text{ anos terrestres}$$

$$x \text{ ciclos de Vênus} \text{ ----- } 48 \text{ anos terrestres}$$

$$\text{logo } 8x = 48.5 \Leftrightarrow x = 30$$

**Resposta da questão 19:**

[B]

Adotando 0 para 1 a.C. temos a seguinte tabela como verdadeira.

Calendário atual	a.C.	a.C.	a.C.	d.C.	d.C.
Cômputo dos astrônomos	2	1			

**Resposta da questão 20:**

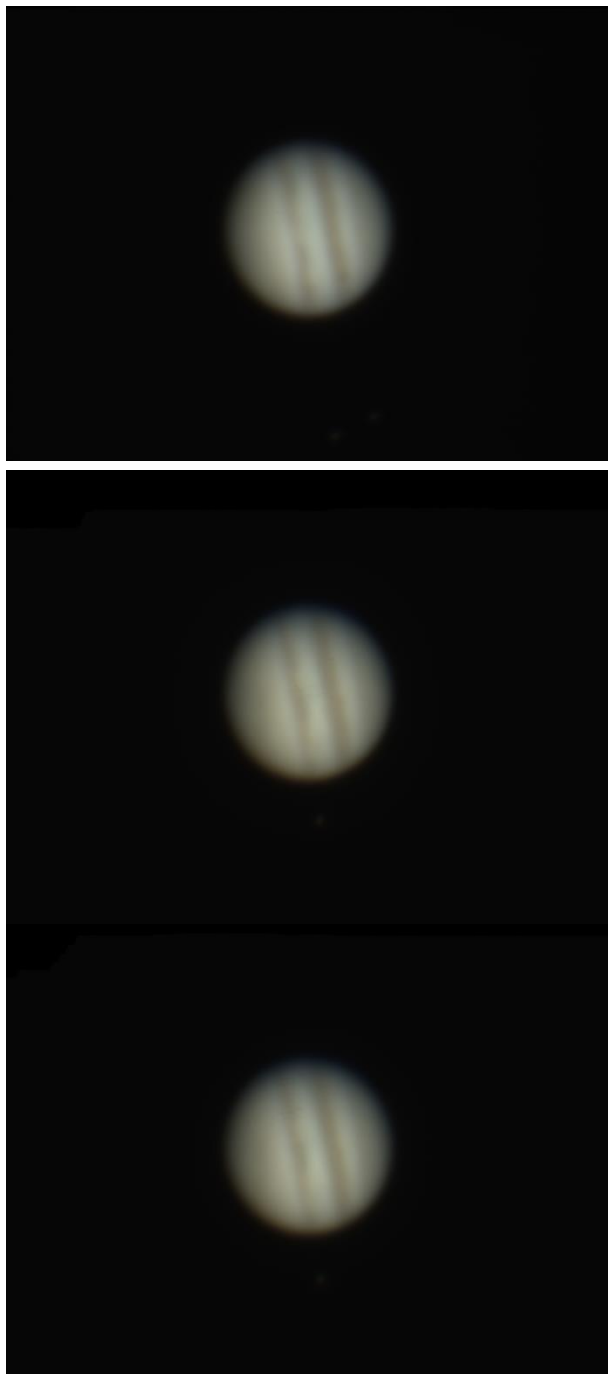
[B]

Supondo que “para trás” signifique um deslocamento no sentido negativo, e “para frente” corresponda a um deslocamento no sentido positivo de cada eixo, segue que a posição atingida pelo foguete é dada por  $(6 + 2, 6 - 3, 7 + 11) = (8, 3, 18)$ .



## 12.APÊNDICE F – Imagens Astronômicas

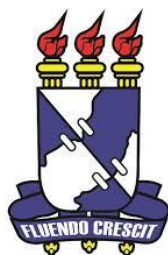
*Figura 12.1: Imagens Astronômicas*







### 13.APÊNDICE G – Sequência Didática



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**MATERIAL DO PROFESSOR**

**MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES  
E SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER**

**Aluno: Manoel Messias Pereira Valido Filho**  
**Orientador: Dr. Sérgio Scarano Júnior**

**São Cristóvão - SE**  
**2016**

## **MEDIDAS DA VELOCIDADE DA LUZ USANDO OBSERVAÇÕES E SIMULAÇÕES ASTRONÔMICAS DAS LUAS DE JÚPITER**

### **MATERIAL DO PROFESSOR**

#### **Sequência Didática Modular**

Esta sequência didática foi elaborada com o objetivo de medir a velocidade da luz e, aproveitando o contexto, servir de revisão, para alunos dos terceiros anos do ensino médio, de conteúdos que se encontram nas ementas do ENEM. Dividimos a sequência didática em módulos para facilitar a adaptação de sua aplicação à realidade local de cada professor.

A sequência didática possui três módulos a rigor independentes. Evidenciamos algumas peculiaridades dos módulos:

1) O Módulo 1 consiste de uma info-animação que pode não ser usada, mas se o for deverá ser aplicado no início, pois trata do enredo histórico, pensado e elaborado como uma introdução;

2) O Módulo 2 faz uso das oito imagens astronômicas e uma planilha para prever o momento da ocultação de Io por Júpiter. Esse módulo pode ser utilizado de forma independente do Módulo 3, desde que o objetivo traçado pelo professor contemple apenas a previsão da ocultação.

3) O Módulo 3 envolve uma planilha e simulações eletrônicas e pode não ser aplicado, no entanto é nele que efetivamente ocorre o cálculo da velocidade da luz. Se o professor escolher não utilizá-lo, em razão de mudança de objetivo, o Módulo 1 necessitará de alterações significativas nos enfoques dados em algumas de suas etapas. Esse módulo possui uma grande versatilidade de uso. Podemos utilizá-lo com observações reais, imagens astronômicas ou simulações computacionais de ocultações, em qualquer combinação entre essas, tanto para a configuração com Júpiter e o Sol em oposição quanto para a configuração em conjunção.

Essa sequência didática, por ser modular, pode ser aplicada, atingindo o objetivo de medir a velocidade da luz, em um intervalo de tempo de no mínimo 1 aula de 50 minutos (ao aplicarmos somente o Módulo 3, a partir de simulações computacionais) até um intervalo máximo de 3 aulas (ao aplicarmos os Módulos de 1 a 3 em sequência).

Ela também pode ser utilizada para tratar outros assuntos que não foram inicialmente contemplados bastando, para isso, mudar o enfoque das questões contidas em todas as etapas.

A lista de assuntos enfocados, materiais necessários à aplicação e tempo de aplicação estão contidos em tabelas que acompanham esta sequência didática.

## 1. ESTRUTURAÇÃO DA SEQÜÊNCIA DIDÁTICA

Módulos	Tempo de Execução	Atividade Desenvolvida	Conteúdo Programático	Materiais Utilizados
Módulo 1 -Vou contar uma história	1 aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aula em PowerPoint;</li> <li>Resolução de questões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>História da medição da velocidade da luz;</li> <li>Epistemologia científica;</li> <li>Conceitos Básicos de Cinemática;</li> <li>Velocidade Média;</li> <li>Conceitos Básicos de Astronomia;</li> <li>Conceitos Básicos de Movimento Circular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computador (p/ o professor);</li> <li>Projeto;</li> <li>Info-animação "Vou contar uma história";</li> <li>Vídeo Tutorial 3;</li> <li>Plaquinha A, B, C, D e E.</li> <li>Texto de Apoio impresso;</li> <li>Questionário de Apoio impresso;</li> <li>Questionário de pré/pós-teste (Uso Opcional).</li> </ul>
Módulo 2 - Prevendo o futuro	1 aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aula em PowerPoint;</li> <li>Resolução de questões;</li> <li>Previsão da Ocultação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conceitos Básicos de Cinemática;</li> <li>Velocidade Média;</li> <li>Conceitos Básicos de Astronomia;</li> <li>Método Científico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computadores (p/ professor e grupos de alunos);</li> <li>Projeto;</li> <li>Quadro Branco;</li> <li>Pincel;</li> <li>Apagador;</li> <li>Planilha "Prevendo o futuro";</li> <li>Vídeo Tutorial 1;</li> <li>Vídeo Tutorial 3;</li> <li>Info-animação "Luz no fim do túnel"; (até o slide 11)</li> <li>Programa DS9;</li> <li>Imagens Astronômicas;</li> <li>Plaquinha A, B, C, D e E.</li> </ul>
Módulo 3 - Luz no fim do túnel?	1 aula	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aula em PowerPoint;</li> <li>Resolução de questões;</li> <li>Medição da velocidade da luz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conceitos Básicos de Cinemática;</li> <li>Velocidade Média;</li> <li>Conceitos Básicos de Astronomia;</li> <li>Método Científico;</li> <li>Conceitos Básicos de Movimento Circular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computadores (p/ professor e grupos de alunos);</li> <li>Projeto;</li> <li>Quadro Branco;</li> <li>Pincel;</li> <li>Apagador;</li> <li>Planilha "E a luz?";</li> <li>Vídeo Tutorial 2;</li> <li>Vídeo Tutorial 3;</li> <li>Info-animação "Luz no fim do túnel"; (do slide 11 até o slide 19)</li> <li>Programa DS9;</li> <li>Programa Stellarium;</li> <li>Plaquinha A, B, C, D e E.</li> <li>Questionário de pré/pós-teste (Uso Opcional).</li> </ul>

Observação: Todo o material didático necessário a aplicação do produto educacional encontra-se nos anexos dessa sequência didática ou em uma pasta no Dropbox<sup>32</sup> cujo link também se encontra na descrição dos vídeos tutoriais no YouTube<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> < <https://www.dropbox.com/s/64h20tlvoher8cq/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20MANOEL%20-%20SCARANO%20-%20MNPFEF%20-%20POLO%2011%20-%20UFS.rar?dl=0> > acesso em 18 de julho de 2016.

<sup>33</sup> < <https://www.youtube.com/playlist?list=PLKlw1y9NbKJ9eMeM-hAg7rQ6er1G1nC> > acesso em 18 de julho de 2016.

## 2. PLANO DE AULA E ESTRATÉGIA DE ENSINO

### 1º Módulo – Vou contar uma história

#### Plano de aula

Professor	Data da aula	Previsão de tempo
XXXX	XXXX	50 min

#### 1) IDENTIFICAÇÃO DO TEMA

- Cinemática.

#### 2) CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- História da medição da velocidade da luz;
- Epistemologia científica;
- Conceitos Básicos de Cinemática;
- Velocidade Média;
- Conceitos Básicos de Astronomia;
- Conceitos Básicos de Movimento Circular.

#### 3) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levar ao aluno o conhecimento dos intentos para a medição da velocidade da luz na história;
- Tornar o aluno conhecedor das etapas e dos porquês da atividade de medição da velocidade da luz;
- Fazer o aluno conhecedor do método científico;
- Trabalhar / Revisar os conceitos de medição, grandeza física, ponto material, corpo extenso, referencial, movimento, repouso, trajetória, intervalo de tempo, distância percorrida, velocidade média a partir da resolução de questões e da visualização de info-animações;
- Trabalhar os seguintes conceitos: oposição, conjunção, ocultação, esfera celeste, eclipse, rotação, translação, período, hipótese, teoria, lei, modelo, Teoria do Big Bang, Teoria da Acreção, Teoria do Big Splash e Teoria do Big Crunch.

Os objetivos poderem ser modificados / adaptados ao currículo da instituição onde será aplicado.



**4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

- Se encontram no Vídeo Tutorial 3.

**5) RECURSOS INSTRUCIONAIS**

- Computador (p/ o professor);
- Projetor;
- Info-animação “Vou contar uma história;
- Vídeo Tutorial 3;
- Plaquinha A, B, C, D e E.
- Texto de Apoio impresso;
- Questionário de Apoio impresso;
- Questionário de pré/pós-teste (Uso Opcional).

**6) VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM**

- Uma parte da avaliação seja realizada ao longo da atividade e a cada momento. Levando-se em consideração o grau de envolvimento de cada aluno durante a aplicação das atividades.
- Outra parte decorra da Análise das respostas dadas as questões e da evolução da aprendizagem ao comparar, para cada aluno. (as repostas dadas no pré-teste e com as respostas dadas no pós-teste)
- Ou de alguma outra forma, a critério do professor.

Cidade-UF, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

---

**Assinatura do Professor**

## 2º Módulo – “Prevendo o Futuro”

### Plano de aula

Professor	Data da aula	Previsão de tempo
XXXX	XXXX	50 min

### 1) IDENTIFICAÇÃO DO TEMA

- Cinemática

### 2) CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Conceitos Básicos de Cinemática;
- Velocidade Média;
- Conceitos Básicos de Astronomia;
- Método Científico;

### 3) OBJETIVOS

- Calcular o instante da ocultação da lua Io de Júpiter;
- Trabalhar / Revisar os conceitos de medição, grandeza física, vetores, ponto material, corpo extenso, referencial, movimento, repouso, trajetória, intervalo de tempo, distância percorrida, velocidade média a partir da resolução de questões e da análise e discussão dos movimentos relativos entre Terra, Júpiter e Io;

Os objetivos poderem ser modificados / adaptados ao currículo da instituição onde será aplicado.

### 4) INTERDISCIPLINARIDADE

- Física;
- Matemática;
- Informática;
- Astronomia.

**5) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

- Encontram-se nos Vídeos Tutoriais 1 e 3.

**5) RECURSOS INSTRUCIONAIS**

- Computadores (p/ professor e grupos de alunos);
- Projetor;
- Quadro Branco;
- Pincel;
- Apagador;
- Planilha “Prevendo o futuro”;
- Vídeo Tutorial 1;
- Vídeo Tutorial 3;
- Info-animação “Luz no fim do túnel”; (até o slide 11)
- Programa DS9;
- Imagens Astronômicas;
- Plaquinha A, B, C, D e E.

**6) VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM**

- Uma parte da avaliação seja realizada ao longo da atividade e a cada momento. Levando-se em consideração o grau de envolvimento de cada aluno durante a aplicação das atividades.
- Outra parte decorra da Análise das respostas dadas as questões e da evolução da aprendizagem ao comparar, para cada aluno. (as repostas dadas no pré-teste e com as respostas dadas no pós-teste)
- Ou de alguma outra forma, a critério do professor.

Cidade-UF, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

---

**Assinatura do Professor**

### 3º Modulo – “E a luz?”

#### Plano de aula

Professor	Data da aula	Previsão de tempo
XXXX	XXXX	50 min

#### 1) IDENTIFICAÇÃO DO TEMA

- Cinemática

#### 2) CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Conceitos Básicos de Cinemática;
- Velocidade Média;
- Conceitos Básicos de Astronomia;
- Método Científico;
- Conceitos Básicos de Movimento Circular.

#### 3) OBJETIVOS

- Calcular a velocidade da luz a partir de dados obtidos: na atividade do Módulo 3 ou com simulações no software Stellarium ou em observações;
- Compreensão do que seria Data Juliana;
- Trabalhar / Revisar os conceitos de período, frequência, combinação de movimentos circulares a partir de dados necessários aos cálculos da velocidade da luz.

Os objetivos poderem ser modificados / adaptados ao currículo da instituição onde será aplicado.

#### 4) PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

- Se encontram nos Vídeos Tutoriais 2 e 3.

#### 5) RECURSOS INSTRUCIONAIS

- Computadores (p/ professor e grupos de alunos);
- Projetor;
- Quadro Branco;
- Pincel;
- Apagador;
- Planilha “E a luz?”;
- Vídeo Tutorial 2;
- Vídeo Tutorial 3;
- Info-animação “Luz no fim do túnel”; (do slide 11 até o slide 19)
- Programa DS9;
- Programa Stellarium;
- Plaquinha A, B, C, D e E.
- Questionário de pré/pós-teste (Uso Opcional).

#### 6) VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- Uma parte da avaliação seja realizada ao longo da atividade e a cada momento. Levando-se em consideração o grau de envolvimento de cada aluno durante a aplicação das atividades.
- Outra parte decorra da Análise das respostas dadas as questões e da evolução da aprendizagem ao comparar, para cada aluno. (as repostas dadas no pré-teste e com as respostas dadas no pós-teste)
- Ou de alguma outra forma, a critério do professor.

Cidade-UF, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

---

**Assinatura do Professor**